

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 582 629**

51 Int. Cl.:

B23K 101/06 (2006.01)
B23K 26/00 (2014.01)
B62D 21/15 (2006.01)
C21D 8/10 (2006.01)
C21D 1/09 (2006.01)
C21D 1/38 (2006.01)
F16F 7/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.08.2011 E 11820038 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.05.2016 EP 2565489**

54 Título: **Elemento de absorción de impacto**

30 Prioridad:

26.08.2010 JP 2010189737
26.08.2010 JP 2010189502

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

14.09.2016

73 Titular/es:

NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es:

KUWAYAMA, TAKUYA;
SUZUKI, NORIYUKI;
MIYAZAKI, YASUNOBU;
KAWASAKI, KAORU y
YONEMURA, SHIGERU

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 582 629 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Elemento de absorción de impacto

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un elemento de absorción de impacto que tiene un tratamiento térmico con luz láser aplicado al mismo.

La presente solicitud reivindica la prioridad en base a la Solicitud de Patente Japonesa N° 2010-189737 presentada en Japón el 26 de agosto de 2010, y la Solicitud de Patente Japonesa N° 2010-189502 presentada en Japón el 26 de agosto de 2010.

Técnica antecedente

10 Como un elemento de absorción de impacto, se usan comúnmente en automóviles u otros vehículos piezas tubulares formadas por prensado que tienen una sección transversal poligonal. En general, el elemento de absorción de impacto se usa en dos aplicaciones. Primero, el elemento de absorción de impacto forma, por ejemplo, un compartimento motor y maletero, y se abolla cuando el automóvil colisiona de modo que absorbe la energía de impacto. Segundo, el elemento de absorción de impacto forma, por ejemplo, una cabina e impide que la cabina se deforme cuando el automóvil colisiona desde el punto de vista de asegurar el espacio vital de un pasajero.

15 La resistencia del elemento de absorción de impacto se puede mejorar incrementando las dimensiones de la sección transversal o el grosor de las paredes del elemento de absorción de impacto. Con este método, sin embargo, el volumen o peso del elemento de absorción de impacto también se incrementan, lo que conduce a un deterioro en la eficiencia de combustible así como a un incremento en el daño al vehículo opuesto en el momento de una colisión vehículo contra vehículo.

20 Se han propuesto varios métodos para mejorar parcialmente la resistencia del elemento de absorción de impacto mediante la aplicación parcialmente de un tratamiento térmico por láser al elemento de absorción de impacto, que es una pieza formada por prensado (por ejemplo, Documentos de Patente 1 a 4). En esta solicitud, el tratamiento térmico por láser es un tratamiento en el que se emite un haz láser con una alta densidad de energía hacia un elemento de absorción de impacto sin tratar para calentar localmente el elemento de absorción de impacto hasta una temperatura de transformación o punto de fusión o mayor, y a continuación, el elemento de absorción de impacto es templado a través de un mecanismo de auto enfriado.

25 Por ejemplo, el Documento de Patente 1 desvela un método de mejora de la resistencia de un artículo formado por prensado mediante la aplicación localmente de un tratamiento térmico al elemento formado por prensado usando un láser. Más específicamente, en el Documento de Patente 1, después de que se forme en frío una chapa de acero, la chapa de acero se calienta rápidamente con un haz láser hasta una temperatura predeterminada o mayor en forma de rayas o con una forma de cuadrícula. A continuación, la chapa de acero calentada es enfriada, robusteciendo de ese modo el artículo formado por prensado que se ha formado en frío. Con este método, puede suprimirse la aparición de distorsiones después del tratamiento térmico en comparación con un caso en el que el tratamiento térmico se aplica uniformemente a un artículo formado por prensado. En particular, con el método desvelado en el Documento de Patente 1, el tratamiento térmico por láser se aplica sobre la superficie externa del artículo formado por prensado en forma de rayas en la dirección longitudinal, o sobre la superficie externa completa de un artículo formado por prensado en una forma de cuadrícula.

30 El Documento de Patente 2 desvela un método de aplicación local de un tratamiento térmico a un artículo formado por prensado con la finalidad de mejorar la resistencia del artículo formado por prensado en tanto se suprime la aparición de distorsiones. En particular, con el método desvelado en el Documento de Patente 2, se aplica el tratamiento térmico a una zona del artículo formado por prensado que requiere una resistencia, por ejemplo, se aplica a una zona altamente tensionada, lo que se obtiene a partir del análisis de un ensayo de choque del vehículo o un método de elementos finitos. Más específicamente, el tratamiento térmico por láser se aplica al artículo formado por prensado en una forma de rayos o en una forma de cuadrícula que se extiende sobre toda la longitud en la dirección longitudinal del artículo formado por prensado.

35 El Documento de Patente 3 desvela un método de uso de una chapa de acero que contiene un componente específico y la aplicación de un tratamiento térmico por láser a la chapa de acero. Con este método, es posible mejorar la resistencia de una zona sometida al tratamiento térmico por láser en tanto se mantiene la capacidad para ser trabajada de la chapa de acero. El método desvelado en el Documento de Patente 3 aplica el tratamiento térmico por láser a una zona que requiere una resistencia mejorada y, más específicamente, aplica el tratamiento térmico por láser al artículo formado por prensado en una forma recta que se extiende sobre toda la longitud en la dirección longitudinal del artículo formado por prensado.

40 El Documento de Patente 4 desvela un método de aplicación de un tratamiento térmico por láser sobre una superficie periférica de un artículo formado por prensado en un forma de línea a lo largo de la dirección en la que se aplica una carga de compresión, con la finalidad de mejorar la capacidad de absorción de energía de impacto del

artículo formado por prensado. Con este método, el tratamiento térmico láser se aplica en la misma dirección que la dirección en la que se introduce la carga de impacto. Este método hace posible incrementar la resistencia contra la deformación, y también hace que aparezca regularmente un modo de abollado. En particular, el método desvelado en el Documento de Patente 4 aplica continuamente el tratamiento térmico con luz láser a toda la longitud del artículo formado por prensado en la dirección longitudinal a lo largo de la dirección en la que se introduce la carga de impacto. El Documento de Patente D5 desvela un dispositivo similar.

En otras palabras, con cualquiera de los métodos desvelados en los Documentos de Patente 1 a 5, el tratamiento térmico por láser se aplica a una zona de la superficie exterior del artículo formado por prensado que requiere la resistencia. Más específicamente, el tratamiento térmico por láser se aplica en forma de línea que se extiende continuamente sobre toda la longitud del artículo formado por prensado en la dirección longitudinal, o se aplica el tratamiento térmico con la luz láser en forma de cuadrícula u otra forma sobre toda la superficie externa del artículo formado por prensado.

Documentos de la técnica relacionada

Documentos de Patente

Documento de Patente 1: Solicitud de Patente Japonesa sin examinar, Primera Publicación N° S61-99629.

Documento de Patente 2: Solicitud de Patente Japonesa sin examinar, Primera Publicación N° H04-72010.

Documento de Patente 3: Solicitud de Patente Japonesa sin examinar, Primera Publicación N° H06-73439.

Documento de Patente 4: Solicitud de Patente Japonesa sin examinar, Primera Publicación N° 2004-108541.

Documento de Patente 5: JP 201073422.

Divulgación de la invención

Problemas a ser resueltos por la invención

Como se ha descrito anteriormente, mediante la aplicación del tratamiento térmico por láser al elemento de absorción de impacto, es posible mejorar localmente la resistencia del elemento de absorción de impacto. Sin embargo, el coste requerido para el tratamiento térmico por láser se incrementa con el incremento en el área del elemento de absorción de impacto a la que se aplica el tratamiento térmico por láser. De ese modo, por ejemplo, en el caso de un elemento de absorción de impacto que tenga una deformación reducida en el momento en el que se aplica la energía de impacto como se ha descrito anteriormente, es necesario reducir la cantidad de deformación del elemento de absorción de impacto en tanto que se reduce el área a la que se aplica el tratamiento térmico por láser.

Con el elemento de absorción de impacto que presenta una deformación reducida, la cantidad de deformación en la dirección de compresión varía ampliamente dependiendo del modo de deformación en la deformación por abollado cuando se aplica la energía de impacto al elemento de absorción de impacto en la dirección de compresión (en la dirección longitudinal del elemento de absorción de impacto). El modo de deformación tal como se ha descrito anteriormente incluye generalmente dos modos de deformación: un modo compacto y un modo no compacto.

En los modos de deformación el así denominado modo compacto, el elemento de absorción de impacto se dobla y distorsiona ampliamente cuando se aplica energía de impacto al elemento de absorción de impacto, y no tiene lugar un plegado local. Como resultado, todo el elemento de absorción de impacto se deforma de un modo plegado. En los modos de deformación nombrados el así denominado modo no compacto, cuando tiene lugar el colapso en el que se aplica la energía de impacto al elemento de absorción de impacto, se limita el plegado del elemento de absorción de impacto a zonas locales, y la deformación del elemento de absorción de impacto raramente ocurre entre las zonas plegadas. Como resultado, una zona localizada entre las zonas plegadas permanece plana.

Con el modo no compacto, el elemento de absorción de impacto se abolla y deforma de una manera tal que la zona que permanece plana no resiste contra la energía de impacto. Esto da como resultado un incremento en la cantidad de deformación por compresión debido a la energía de impacto aplicada en la dirección de compresión. Por otro lado, con el modo compacto, no existen partes planas, y todo el elemento de absorción de impacto resiste contra la energía de impacto. Esto da como resultado una cantidad relativamente pequeña de deformación por compresión provocada por la energía de impacto aplicada en la dirección de compresión.

Adicionalmente, no se aplica necesariamente la energía de impacto al elemento de absorción de impacto en la dirección de compresión, y se aplica frecuentemente tanto en el componente en la dirección de compresión como en el componente en la dirección de cortadura (en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal del elemento de absorción de impacto). El caso en el que se aplica la energía de impacto, que tiene tanto un componente en la dirección de compresión como un componente en la dirección de cortadura, al elemento de absorción de impacto tal como se ha descrito anteriormente incluye: un caso en el que la energía de impacto se aplica al elemento de absorción de impacto, por ejemplo, en la dirección diagonal; y un caso en el que el elemento de absorción de impacto en sí mismo está conformado con una forma parcialmente curvada. En el caso en el que la energía de

impacto se aplica al elemento de absorción de impacto en una dirección que tiene tanto el componente en la dirección de compresión como el componente en la dirección de cortadura tal como se ha descrito anteriormente, el elemento de absorción de impacto presenta un comportamiento a la deformación más complicado que la deformación en el modo compacto.

5 Para reducir la cantidad de deformación del elemento de absorción de impacto mientras se reduce el área a la que se aplica el tratamiento térmico por láser, es necesario determinar zonas en donde se aplica el tratamiento térmico por láser mientras se considera el comportamiento a la deformación del elemento de absorción de impacto. Sin embargo, básicamente, los Documentos de Patente 1 a 4 no tienen en consideración el comportamiento a la deformación del elemento de absorción de impacto para determinar las zonas en donde se aplica el tratamiento
10 térmico por láser. De ese modo, el tratamiento térmico por láser no se aplica eficientemente.

A la vista de los problemas descritos anteriormente, un objetivo de la presente invención es proporcionar un elemento de absorción de impacto que presente una cantidad reducida de deformación en el momento en que se introduce la energía de impacto mientras que se reduce la cantidad de aplicación del tratamiento térmico por láser, mediante la aplicación del tratamiento térmico por láser en tanto se tiene en consideración el comportamiento de
15 deformación del elemento de absorción de impacto.

Medios para resolver los problemas

Los presentes inventores examinaron el comportamiento de deformación de un elemento de absorción de impacto cuando se aplica una energía de impacto que tiene ambos componentes de la dirección de compresión y la dirección de cortadura al elemento de absorción de impacto, y también examinaron una relación entre la cantidad de
20 deformación del elemento de absorción de impacto en el momento en el que se aplica la energía de impacto y las zonas en donde se aplicó el tratamiento térmico por láser a un elemento de absorción de impacto sin tratar en base al comportamiento de deformación.

Como resultado, cuando se aplica la energía de impacto que tiene ambos componentes de la dirección de compresión (en la dirección en la que se extiende el elemento de absorción de impacto) y la dirección de cortadura al elemento de absorción de impacto, ocurre la deformación por compresión en el modo compacto tal como se ha descrito anteriormente debido a la energía de impacto en la dirección de compresión. Adicionalmente, los presentes inventores hallaron que aparece un colapsado en la forma de arrugas sobre una superficie de un elemento estructural de acuerdo con los ciclos de deformación del modo compacto debido a la energía de impacto en la dirección de cortadura. Aún más, los presentes inventores hallaron que, para suprimir la aparición del colapsado en la forma de arrugas sobre la superficie del elemento de absorción de impacto, es efectivo aplicar el tratamiento
25 térmico por láser mediante la consideración de los ciclos de deformación.

La presente invención se ha realizado en base a los hallazgos descritos anteriormente, y los puntos principales de la presente invención son los siguientes:

(1) Un elemento de absorción de impacto de acuerdo con un aspecto de la presente invención incluye un cuerpo tubular que tiene una forma poligonal en la sección transversal perpendicular a una dirección longitudinal del cuerpo tubular, incluyendo el cuerpo tubular una pluralidad de zonas planas y una pluralidad de zonas en esquina proporcionadas entre las zonas planas, en las que al menos una de la pluralidad de zonas planas tiene una zona tratada térmicamente formada mediante la aplicación de un tratamiento térmico con luz láser de modo que se deforme en un ángulo de no menos de 0,1 grados y no más de 3,0 grados.
35

(2) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto del (1) anterior, es preferible que cada una de las zonas planas se separe en una pluralidad de zonas planas parciales cuadriláteras adyacentes entre sí cuando el cuerpo tubular se divide por secciones perpendiculares a la dirección longitudinal dispuesta en la dirección longitudinal en intervalos de $L/2$ desde una sección vertical situada en una posición predeterminada a lo largo de la dirección longitudinal desde una zona del extremo en la dirección longitudinal del cuerpo tubular, en la que L es la longitud lateral media de todos los laterales que constituyen la forma poligonal en la zona extrema, y la zona tratada térmicamente se forma a lo largo de al menos una dirección diagonal de al menos una zona plana parcial de las zonas planas parciales.
40 45

(3) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto de la (2) anterior, es preferible que la posición predeterminada se localice en la zona extrema.

(4) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto de la (2) anterior, es preferible que la posición predeterminada se localice a $L/4$ desde la zona extrema a lo largo de la dirección longitudinal.
50

(5) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto de uno cualquiera de los (2) a (4) anteriores, es preferible que la zona tratada térmicamente se proporcione en al menos dos zonas planas parciales adyacentes entre sí de las zonas planas parciales de modo que sean simétricas con respecto a una línea límite entre las zonas planas parciales adyacentes.
55

(6) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto de uno cualquiera de los (2) a (4) anteriores, es preferible que se formen dos zonas tratadas térmicamente a lo largo de ambas direcciones diagonales de al menos una zona plana parcial de las zonas planas parciales.

5 (7) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto de uno cualquiera de los (1) a (4) anteriores, es preferible que se forme adicionalmente otra zona tratada térmicamente en la pluralidad de zonas de esquina mediante la aplicación de un tratamiento térmico con luz láser a lo largo de la dirección longitudinal del cuerpo tubular.

10 (8) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto de uno cualquiera de los (1) a (4) anteriores, es preferible que se forme la zona tratada térmicamente a lo largo de la dirección longitudinal de al menos una zona plana de las zonas planas.

(9) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto del (8) anterior, es preferible que la zona tratada térmicamente se forme con una pluralidad de luces láser a lo largo de la dirección longitudinal.

15 (10) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto del (8) anterior, es preferible que la zona tratada térmicamente se forme de modo que alcance una profundidad de no más del tres cuartos de un grosor de placa de la zona plana desde una superficie de la zona plana.

(11) De acuerdo con el elemento de absorción de impacto del (8) anterior, es preferible que la zona tratada térmicamente se forme de modo que alcance una profundidad de no menos de 1/2 de un grosor de placa de la zona plana desde una superficie de la zona plana.

Efectos de la invención

20 De acuerdo con la presente invención, es posible reducir la cantidad de deformación de un elemento de absorción de impacto cuando se aplica una energía de impacto, mientras se reduce la cantidad de tratamiento térmico por láser, mediante la aplicación de un tratamiento térmico con luz láser mientras se tiene en consideración el comportamiento de deformación del elemento de absorción de impacto.

Breve descripción de los dibujos

25 La FIG. 1A es una vista en perspectiva que ilustra un elemento de absorción de impacto de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

La FIG. 1B es una vista en sección ampliada que ilustra una parte principal del elemento de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 1A.

La FIG. 2A es una vista en sección que ilustra el mismo elemento de absorción de impacto.

30 La FIG. 2B es una vista en sección que ilustra un ejemplo de modificación del elemento de absorción de impacto de acuerdo con la primera realización.

La FIG. 2C es una vista en sección que ilustra otro ejemplo de modificación del elemento de absorción de impacto de acuerdo con la primera realización.

La FIG. 3A es un diagrama para la explicación de un modo de deformación.

35 La FIG. 3B es un diagrama para la explicación de un modo de deformación.

La FIG. 4 es un diagrama que ilustra cómo se deforma el elemento de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 1 en un modo compacto.

La FIG. 5A es un diagrama que ilustra el mismo elemento de absorción de impacto antes de la recepción de una energía de impacto en una dirección de cortadura.

40 La FIG. 5B es un diagrama que ilustra cómo el mismo elemento de absorción de impacto recibe la energía de impacto en la dirección de cortadura y se deforma.

La FIG. 6 es un diagrama tomado a lo largo de la línea VI-VI en la FIG. 5B.

La FIG. 7 es un diagrama que ilustra un elemento de absorción de impacto de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

45 La FIG. 8 es un diagrama que ilustra un elemento de absorción de impacto de acuerdo con una tercera realización de la presente invención.

La FIG. 9 es un diagrama que ilustra un elemento de absorción de impacto de acuerdo con una cuarta realización de la presente invención.

- La FIG. 10 es un diagrama que ilustra un ejemplo de modificación del elemento de absorción de impacto de acuerdo con la primera realización.
- La FIG. 11 es un diagrama que ilustra cómo un elemento de absorción de impacto de acuerdo con la quinta realización de la presente invención se deforma en un modo compacto.
- 5 La FIG. 12 es una vista en perspectiva que ilustra el elemento de absorción de impacto de acuerdo con la quinta realización.
- La FIG. 13A es un diagrama que ilustra un proceso de producción, por ejemplo, de un elemento de absorción de impacto usado en Ejemplos.
- 10 La FIG. 13B es un diagrama que ilustra un proceso de producción, por ejemplo, de un elemento de absorción de impacto usado en Ejemplos.
- La FIG. 13C es un diagrama que ilustra un proceso de producción, por ejemplo, de un elemento de absorción de impacto usado en Ejemplos.
- La FIG. 13D es un diagrama que ilustra un proceso de producción, por ejemplo, de un elemento de absorción de impacto usado en Ejemplos.
- 15 La FIG. 14A es una vista lateral que ilustra, por ejemplo, un cuerpo montado de elemento estructural usado en Ejemplos.
- La FIG. 14B es una vista en planta que ilustra, por ejemplo, un cuerpo montado de elemento estructural usado en Ejemplos.
- 20 La FIG. 15 es un diagrama que ilustra zonas soldadas entre el cuerpo ensamblado del elemento estructural y una chapa de acero usada en Ejemplos.
- La FIG. 16 es una vista en perspectiva que ilustra un cuerpo ensamblado de elemento estructural del Ejemplo 1 y Ejemplo comparativo 1.
- La FIG. 17 es una vista en perspectiva que ilustra un cuerpo ensamblado de elemento estructural del Ejemplo comparativo 2 y Ejemplo comparativo 5.
- 25 La FIG. 18 es una vista en perspectiva que ilustra un cuerpo ensamblado de elemento estructural del Ejemplo comparativo 3 y Ejemplo 2.
- La FIG. 19 es una vista en perspectiva que ilustra un cuerpo ensamblado de elemento estructural del Ejemplo 3.
- La FIG. 20 es una vista en perspectiva que ilustra un ejemplo de un elemento de absorción de impacto de acuerdo con una sexta realización de la presente invención.
- 30 La FIG. 21 es una vista del extremo del mismo elemento de absorción de impacto.
- La FIG. 22 es una vista en sección parcial ampliada que ilustra áreas templadas térmicamente del mismo elemento de absorción de impacto.
- La FIG. 23 es una fotografía que muestra que un elemento de absorción de impacto se abolla en el modo compacto.
- 35 La FIG. 24 es una fotografía que muestra que un elemento de absorción de impacto se abolla en un modo no compacto.
- La FIG. 25A es una vista ampliada que ilustra una zona tratada térmicamente del mismo elemento de absorción de impacto.
- 40 La FIG. 25B es un diagrama que ilustra la deformación de la zona tratada térmicamente del mismo elemento de absorción de impacto.
- La FIG. 26A es una vista en sección que ilustra detalles del elemento de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 21.
- La FIG. 26B es una vista en sección ampliada que ilustra la parte principal del elemento de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 26A.
- 45 La FIG. 27 es un gráfico que ilustra cómo cambia la longitud de onda del colapsado en el momento de la abolladura de acuerdo con los cambios en la longitud lateral media.

Realizaciones de la invención

En el presente documento a continuación, se describirán en detalle realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos. Obsérvese que, en la descripción a continuación, se indican los mismos componentes constituyentes por los mismos números de referencia.

5 [Primera realización]

La FIG. 1A es una vista en perspectiva que ilustra una primera realización de un elemento de absorción de impacto de acuerdo con la presente invención. Tal como se ilustra en la FIG. 1A, un cuerpo ensamblado de elemento estructural 1 incluye un elemento 10 de absorción de impacto y un elemento 20 estructural adicional, ambos conectados entre sí. El elemento 10 de absorción de impacto incluye un cuerpo 11 tubular parcial (cuerpo tubular) y una zona 15 de reborde. El cuerpo 11 tubular parcial se conecta con la pluralidad de zonas planas 12 que tienen una forma similar a placa en la pluralidad de zonas 13 de esquina proporcionadas entre las zonas planas 12. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1A, el cuerpo 11 tubular parcial tiene tres zonas planas 12a a 12c, y las zonas planas 12a a 12c se conectan entre sí por medio de dos zonas en esquina 13a y 13b.

La FIG. 2A es una vista en sección tomada a lo largo de un plano perpendicular a la dirección longitudinal del cuerpo ensamblado de elemento estructural 1 ilustrado en la FIG. 1A. Como puede comprenderse a partir de la FIG. 1A y la FIG. 2A, el cuerpo 11 tubular parcial del elemento 10 de absorción de impacto tiene una forma cuadrilátera (forma poligonal) con una sección transversal abierta en la que un lado se abre en la sección transversal situada en un plano perpendicular a una dirección longitudinal del cuerpo 11 tubular parcial (de aquí en adelante, denominado como una "sección vertical"). En otras palabras, las tres zonas planas 12a a 12c del cuerpo 11 tubular parcial corresponden a los tres laterales de una sección transversal cuadrilátera del cuerpo 11 tubular parcial.

La zona 15 de reborde del elemento 10 de absorción de impacto incluye dos zonas planas 16a y 16b extendida cada una desde cada borde del cuerpo 11 tubular parcial en una sección transversal. Las dos zonas planas 16a y 16b se conectan con el cuerpo 11 tubular parcial por medio de las zonas de esquina 17a y 17b. Las dos zonas planas 16a y 16b de la zona 15 de reborde se forman de modo que se extienden hacia el exterior desde ambos bordes del cuerpo 11 tubular parcial que tiene la forma cuadrilátera estando un lado abierto cuando se ven sobre un plano en el que se localiza el lado abierto el cuadrilátero.

Como se ha ilustrado en la FIG. 1A y en la FIG. 2A, el elemento 20 estructural adicional que tiene la forma similar a una placa se coloca de modo que se enfrente a la zona 15 de reborde del elemento 10 de absorción de impacto y cierra el lado abierto en la sección transversal cuadrilátera del cuerpo 11 tubular parcial. El elemento 20 estructural adicional se une con el elemento 10 de absorción de impacto mediante soldadura de la zona 15 de reborde del elemento de absorción de impacto con una zona del elemento 20 estructural adicional que mira a la zona 15 de reborde. El elemento 10 de absorción de impacto y el elemento 20 estructural adicional se usan, por ejemplo, para un bastidor de un vehículo como el cuerpo ensamblado de elemento estructural 1 en un estado en el que éstos se unen entre sí.

El elemento 10 de absorción de impacto y el elemento 20 estructural adicional se forman, por ejemplo, mediante un material de acero u otro material a partir del que se puede obtener un templado mediante la aplicación de un tratamiento térmico por láser. La expresión "tratamiento térmico por láser" representa un tratamiento en el que un haz láser que tiene una alta densidad de energía se emite primero a un elemento de absorción de impacto sin tratar para calentar localmente el elemento de absorción de impacto sin tratar hasta una temperatura de transformación o punto de fusión o mayor, y a continuación, el elemento de absorción de impacto calentado se temple a través de un mecanismo de auto-enfriado. El elemento 10 de absorción de impacto y el elemento 20 estructural adicional se conforman con las formas anteriormente descritas mediante formación por prensado u otros métodos de conformación generales.

En esta realización, el cuerpo 11 tubular parcial del elemento 10 de absorción de impacto tiene una forma de sección transversal cuadrilátera estando un lado abierto en la sección vertical. Sin embargo, puede ser posible que el cuerpo 11 tubular parcial tenga cualquier forma poligonal estando un lado abierto. De ese modo, por ejemplo, el cuerpo 11 tubular parcial puede tener una forma triangular con un lado abierto tal como se ilustra en la FIG. 2B, o puede tener una forma pentagonal con un lado abierto tal como se ilustra en la FIG. 2C. En el caso en el que el cuerpo tubular parcial tiene una forma de sección transversal triangular con un lado abierto en la sección vertical tal como se ilustra en la FIG. 2B, el elemento de absorción de impacto 110 incluye un cuerpo 111 tubular parcial que tiene dos zonas planas conectadas por medio de una zona en esquina, y una zona de reborde 115 que tiene dos zonas planas conectadas con el cuerpo 111 tubular parcial por medio de dos zonas en esquina. En el caso en el que el cuerpo tubular parcial tiene una forma de sección transversal pentagonal estando un lado abierto en la sección vertical tal como se ilustra en la FIG. 2C, el elemento 210 de absorción de impacto incluye un cuerpo tubular parcial 211 que tiene cuatro zonas planas conectadas por medio de tres zonas de esquina, y una zona de reborde 215 que tiene dos zonas planas conectadas con el cuerpo tubular parcial 211 por medio de dos zonas de esquina.

En esta realización de la presente invención, el tratamiento térmico por láser se aplica a una zona específica del elemento de absorción de impacto sin tratar 10 conformado en las formas tal como se han descrito anteriormente. A

continuación, se describirá la zona sometida al tratamiento térmico por láser.

En esta realización, la zona sometida al tratamiento térmico por láser se determina en base a la longitud lateral media L en la sección transversal poligonal de una zona de extremo (de aquí en adelante, denominada como la "zona del extremo longitudinal") 14 en la dirección longitudinal del elemento 10 de absorción de impacto. En particular, en esta realización, es preferible que la zona del extremo longitudinal 14 se fije a un extremo del elemento 10 de absorción de impacto al que se espera se aplique una energía de impacto cuando el cuerpo ensamblado del elemento estructural 1 se usa realmente. De ese modo, por ejemplo, en el caso en el que el cuerpo ensamblado de elemento estructural 1 se usa como un bastidor lateral (bastidor que se extiende en la dirección de delante a atrás del vehículo) para un compartimento motor del automóvil, una zona extrema el bastidor lateral situada sobre el lado frontal del vehículo es la zona extrema longitudinal descrita anteriormente. En el caso en el que el cuerpo ensamblado de elemento estructural 1 se use como un bastidor lateral para un maletero de automóvil, una zona extrema del bastidor lateral situada sobre el lado posterior del vehículo es la zona del extremo longitudinal. En esta realización, la zona sometida al tratamiento térmico por láser se determina en base a la longitud lateral media L tal como se ha descrito anteriormente. De ese modo, se describirá primero la longitud lateral media L.

El cuerpo 11 tubular parcial del elemento 10 de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 1A incluye una zona del extremo longitudinal 14 que tiene una sección transversal cuadrilátera con un lado abierto tal como se ilustra en la FIG. 2A. Los caracteres I1 a I4 representan longitudes de los laterales respectivos (incluyendo el lado abierto) que constituyen la sección transversal cuadrilátera. En otras palabras, los caracteres I1 a I4 representan longitudes de los laterales respectivos en la suposición de que el cuerpo 11 tubular parcial del elemento 10 de absorción de impacto tiene una sección transversal cuadrilátera cerrada. La media de las longitudes I1 a I4 de los laterales respectivos en este caso es la longitud lateral media L ($L = (I1 + I2 + I3 + I4)/4$).

Así, por ejemplo, en el caso en el que el elemento de absorción de impacto tiene una forma de sección transversal tal como se ilustra en la FIG. 2B, la longitud lateral media L es la longitud media L de las longitudes I1 a I3 de los tres lados, y es $(I1 + I2 + I3)/3$, en la que I1 es la longitud de un lateral de una zona plana 112a del cuerpo 111 tubular parcial, I2 es la longitud lateral de una zona plana 112b, y I3 es la longitud de una zona de esquina 117a a una zona de esquina 117b, cuando el elemento de absorción de impacto 110 se ve desde la sección transversal.

Adicionalmente, en el caso en el que el elemento 210 de absorción de impacto tiene una forma de sección transversal tal como se ilustra en la figura 2C, la longitud lateral media L es la longitud media L de las longitudes I1 a I5 de cinco lados, y es $(I1 + I2 + I3 + I4 + I5)/5$, en la que I1 es la longitud de un lateral de una zona plana 212a de un cuerpo tubular parcial 211, I2 es la longitud de un lateral de una zona plana 212b, I3 es una longitud de un lateral de una zona plana 212c, I4 es una longitud de un lateral de una zona plana 212d, I5 es una longitud desde una zona de esquina 217a a una zona de esquina 217b, cuando el elemento 210 de absorción de impacto se ve desde la sección transversal.

Así, cuando esto se resume, la longitud lateral media L significa una longitud media de todos los lados que constituyen la forma de sección transversal poligonal en una zona del extremo longitudinal del cuerpo tubular parcial del elemento de absorción de impacto que tiene la sección transversal poligonal teniendo un lado abierto.

En esta realización, el elemento 10 de absorción de impacto está separado por secciones transversales perpendiculares a la dirección longitudinal (sección vertical que incluye la línea discontinua de la FIG. 1A) y dispuesta en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde una sección vertical situada en una posición predeterminada (en la zona del extremo longitudinal 14 en esta realización) que incluye la zona del extremo longitudinal 14 a lo largo de la dirección longitudinal. Al separar el elemento 10 de absorción de impacto tal como se ha descrito anteriormente, cada una de las zonas planas 12a a 12c situadas entre secciones verticales adyacentes se divide en una pluralidad de zonas planas parciales 19 cuadriláteras situadas adyacentes entre sí.

Más específicamente, cuando a es un entero, la zona plana parcial 19 representa una zona cuadrilátera de cada una de las zonas planas situadas entre una sección vertical separada en la dirección longitudinal desde la zona del extremo longitudinal 14 en una distancia (de aquí en adelante, denominada como distancia longitudinal) X de $(a-1)L/2$ y la sección vertical situada a una distancia X de $aL/2$. De ese modo, cada una de las zonas planas parciales 19 significa una zona indicada por la línea de punto y raya ilustrada en la FIG. 1A. Del gran número de zonas planas parciales 19, solo se ilustran tres zonas planas parciales 19a a 19c en la FIG. 1A.

En esta realización, el tratamiento térmico por láser se aplica en la dirección diagonal sobre el lado superficial externo de cada una de las zonas planas parciales 19 que tiene una forma cuadrilátera para formar zonas A tratadas térmicamente que se extienden en la dirección diagonal. En particular, en el ejemplo ilustrado en la FIG. 1A, el tratamiento térmico por láser se aplica en forma recta desde una esquina de cada una de las zonas planas parciales 19 cuadriláteras hasta una esquina situada en el lado angular opuesto de una esquina, formando de ese modo la zona A tratada térmicamente correspondiente a esta aplicación. En esta realización, el láser YAG o láser de fibra se usa para el tratamiento térmico con la luz láser.

Adicionalmente, en esta realización, las zonas A tratadas térmicamente proporcionadas en las zonas planas parciales 19 adyacentes y que se extienden en la dirección diagonal se disponen de modo que sean simétricas con

- respecto a una línea situada entre las zonas planas parciales 19 adyacentes. Por ejemplo, para una zona plana parcial 19a y una zona plana parcial 19b de la FIG. 1A, que están próximas entre sí, las zonas A tratadas térmicamente proporcionadas en las zonas planas parciales 19a y 19b se disponen (forman) de modo que sean simétricas con respecto a una línea situada entre las zonas planas parciales 19a y 19b (en otras palabras, una línea de intersección de la zona plana 12c y el plano de la sección vertical con la distancia longitudinal X de L/2). Adicionalmente, para la zona plana parcial 19a y una zona plana parcial 19c en la FIG. 1A, que están próximas entre sí, las zonas A tratadas térmicamente proporcionadas a las zonas planas parciales 19a y 19c se disponen (forman) de modo que sean simétricas con respecto a una línea situada entre las zonas planas parciales 19a y 19b (en otras palabras, una línea a lo largo de la zona de esquina 13b).
- Adicionalmente, tal como se ilustra en la FIG. 1B, mediante la aplicación de templado por láser a las zonas planas 12a a 12c tal como se ha descrito anteriormente, el elemento 10 de absorción de impacto se deforma (dobla) hacia el centro. En la FIG. 1B, la línea discontinua indica una zona plana 18 antes del tratamiento térmico, y la línea continua indica las zonas planas 12a a 12c después del tratamiento térmico. Como se ilustra en la FIG. 1B un ángulo α_1 formado por la zona plana 18 y las zonas planas 12a a 12c (ángulo de deformación de la zona A tratada térmicamente) es menor de 0,1 grados y no mayor de 3,0 grados. Preferiblemente, la zona de tratamiento térmico A se deforma en un ángulo de no menos de 0,1 grados y no más de 0,6 grados. La zona tratada térmicamente tiene un ancho preferiblemente en el intervalo de 0,4t mm a 1,6t mm, y una profundidad en la dirección del grosor, preferiblemente, al menos en el intervalo de 0,2t mm a 0,8t mm, en donde t es un grosor del elemento 10 de absorción de impacto.
- Con esta configuración, el elemento 10 de absorción de impacto de acuerdo con esta realización tiene una resistencia mejorada a lo largo de la zona A tratada térmicamente que se extiende en la dirección diagonal sobre las zonas planas parciales 19. A continuación, se realizará una descripción de un efecto del fortalecimiento parcial del elemento 10 de absorción de impacto tal como se ha descrito anteriormente.
- El elemento de absorción de impacto se deforma en un modo compacto tal como se ilustra en la FIG. 3A o en un modo no compacto tal como se ilustra en la FIG. 3B cuando se aplica una energía de impacto en la dirección longitudinal del elemento de absorción de impacto (dirección de extensión), en otras palabras, en la dirección en la que se comprime el elemento de absorción de impacto. De los modos de deformación, necesita aparecer una deformación de abollado en el modo compacto desde el punto de vista de la supresión de la cantidad de compresión del elemento de absorción de impacto. Para provocar que aparezca la deformación de abollado en el modo compacto, se ha usado un encadenado de abolladuras o se han usado otras varias clases de métodos, y puede ser posible emplear cualquiera de los métodos.
- Cuando aparece la deformación de abollado en el modo compacto, el elemento de absorción de impacto se abolla en una forma tal que aparecen alternativamente una zona que se mella hacia el interior y una zona que se expande hacia el exterior. Los presentes inventores han hallado que una longitud del ciclo en el que el elemento de absorción de impacto se mella hacia el interior una vez, a continuación se expande al exterior y vuelve a la posición original es casi igual a la longitud lateral media L en la zona del extremo del elemento de absorción de impacto. Este hallazgo se describirá con referencia a la FIG. 4.
- La FIG. 4 ilustra cómo se deforma el elemento 10 de absorción de impacto en el modo compacto en el caso en el que la zona del extremo longitudinal 14 del elemento 10 de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 1A se fija a cualquier otro elemento y se aplica energía de impacto en una dirección de la flecha en el dibujo. En particular, las líneas de punto y raya en el dibujo ilustran cómo se deforma el centro de la zona plana 12b y la zona de esquina 17b. Como se puede entender a partir de la FIG. 4, en el caso en el que el elemento 10 de absorción de impacto se deforma en el modo compacto, el elemento 10 de absorción de impacto se mella al interior en la región en la que la distancia en la dirección longitudinal está en el intervalo de 0 a L/2, y se expande hacia el exterior en la región en la que la distancia en la dirección longitudinal está en el intervalo de L/2 a L. Adicionalmente, el elemento 10 de absorción de impacto se mella hacia el interior en la región en la que la distancia en la dirección longitudinal está en el intervalo de L a 3L/2, y se expande al exterior en la región en la que la distancia en la dirección longitudinal está en el intervalo de 3L/2 a 2L. A partir de aquí, el elemento 10 de absorción de impacto repite el mellado y expansión de una forma similar. Esto significa que, en el caso en que el elemento 10 de absorción de impacto se deforma en el modo compacto, el mellado interior y la expansión exterior se repiten con el ciclo L.
- Por otro lado, en el caso en el que, además de la energía de impacto en la dirección de compresión, se aplica energía de impacto en la dirección de cortadura (en otras palabras, la energía de impacto en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal del elemento de absorción de impacto) al elemento 10 de absorción de impacto tal como se ilustra en la FIG. 1A, el colapsado en forma de arrugas tiene lugar en cada una de las zonas planas parciales 19 del elemento 10 de absorción de impacto además de la deformación en el modo compacto. Este fenómeno se describirá con referencia a la FIG. 5A, FIG. 5B y FIG. 6.
- La FIG. 5A y la FIG. 5B son vistas en planta que ilustran una zona plana 12b del elemento 10 de absorción de impacto. En particular, la FIG. 5A ilustra la zona plana 12b antes de que se aplique energía de impacto en la dirección de cortadura, y la FIG. 5B ilustra la zona plana 12b después de que se aplique energía de impacto en la dirección de cortadura. La FIG. 6 es una vista en sección que ilustra la zona plana 12b tomada a lo largo de VI-VI en

la FIG. 5B.

En el caso en el que la zona plana 12b del elemento 10 de absorción de impacto recibe la energía de impacto en la dirección de la flecha ilustrada en la FIG. 5A, en otras palabras, en la dirección de cortadura, la zona plana 12b se deforma en una manera tal como se ilustra en la FIG. 5B. En este caso, si el elemento 10 de absorción de impacto se deforma en el modo compacto tal como se ilustra en la FIG. 4 debido a la energía de impacto en la dirección de compresión, que se aplica simultáneamente con la energía de impacto en la dirección de cortadura, el colapsado Z en la forma de arruga tiene lugar a la zona plana 12b en un ciclo L/2 tal como se ilustra en la FIG. 5B. Desde un punto de vista diferente, el colapsado Z en la forma de arrugas tiene lugar en cada una de las zonas planas parciales 19 en una forma que se extiende en la dirección diagonal.

El esfuerzo de tracción mayor en el plano de la zona plana parcial 19 actúa en la dirección diagonal (flecha Y1 en la FIG. 5B), en la que el colapsado Z en la forma de arrugas tiene lugar, mientras que el esfuerzo de compresión mayor en el plano de la zona plana parcial 19 actúa en la dirección diagonal (flecha Y2 en la FIG. 5B) que es diferente de la dirección diagonal en la que ocurre el colapsado Z en la forma de arrugas.

En conexión con estos esfuerzos, para el elemento 10 de absorción de impacto de acuerdo con esta realización, el tratamiento térmico por láser se aplica a cada una de las zonas planas parciales 19 en la dirección diagonal para formar la zona A tratada térmicamente que se extiende en la dirección diagonal. De ese modo, cada una de las zonas planas parciales 19 se refuerza en una dirección en la que actúa el esfuerzo de tracción mayor o actúa el esfuerzo de compresión mayor en el momento en el que tiene lugar el colapsado Z en la forma de arrugas. Con esta aplicación, de acuerdo con esta realización, es posible suprimir la aparición del colapsado Z en la forma de arrugas tal como se ha descrito anteriormente, por lo que es posible suprimir la deformación del elemento 10 de absorción de impacto.

En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1A, la zona A tratada térmicamente proporcionada a cada una de las zonas planas parciales 19 se extiende desde una esquina de la zona plana parcial 19 a la otra esquina. Sin embargo, no es necesario que la zona A tratada térmicamente se extienda de esquina a esquina, siempre que la zona A tratada térmicamente se extienda en la dirección diagonal de cada una de las zonas planas parciales 19 que tiene la forma cuadrilátera. De ese modo, solo es necesario que la zona A tratada térmicamente se extienda parcialmente en la dirección diagonal solo en el área central de cada una de las zonas planas parciales 19.

El tratamiento térmico por láser se aplica al elemento 10 de absorción de impacto sin tratar en una forma tal que un punto objetivo de la luz láser se mueve en la dirección diagonal sobre cada una de las zonas planas parciales 19. Con esta aplicación, el tratamiento térmico por láser se aplica en una forma recta en la dirección diagonal de cada una de las zonas planas parciales 19. Adicionalmente, es posible que el número de líneas de la aplicación recta de la luz láser a cada una de las zonas planas parciales 19 se fije en cualquier número, siempre que se forme al menos una línea. De ese modo, la zona A tratada térmicamente puede formarse mediante una pluralidad de líneas de la emisión láser.

Adicionalmente, en el ejemplo ilustrado en la FIG. 1A, la zona A tratada térmicamente se proporciona a todas las zonas planas parciales 19. Sin embargo, no es necesario que la zona A tratada térmicamente se forme en todas las zonas planas parciales 19. Solo es necesario que la zona A tratada térmicamente se forme en al menos una zona plana parcial. Adicionalmente, en esta realización, la zona A tratada térmicamente se forma sobre el lado exterior del elemento 10 de absorción de impacto. Sin embargo, puede ser posible formar la zona A tratada térmicamente sobre el lado interior del elemento 10 de absorción de impacto (sobre el lado que mira al elemento 20 estructural adicional).

[Segunda realización]

En la primera realización, el tratamiento térmico por láser se aplica solo en una dirección diagonal a cada una de las zonas planas parciales 19 que tiene la forma cuadrilátera para formar la zona A tratada térmicamente que se extiende en una dirección diagonal. En una segunda realización, el tratamiento térmico por láser se aplica en ambas direcciones diagonales a cada una de las zonas planas parciales 19 de un elemento de absorción de impacto 30 tal como se ilustra en la FIG. 7 para formar dos zonas A tratadas térmicamente y A1 que se extienden en ambas direcciones diagonales. Con esta aplicación, es posible suprimir adicionalmente la deformación del elemento de absorción de impacto 30 provocada por la energía del choque que aparece en la dirección de cortadura.

Adicionalmente, en esta realización, aunque no se ilustra, las zonas planas 12a a 12c se deforman (doblan) en una forma similar al elemento 10 de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 1B.

[Tercera realización]

En la primera realización, la zona A tratada térmicamente se forma en cada una de las zonas planas parciales 19 en la dirección diagonal. En una tercera realización, además de la zona A tratada térmicamente, un elemento de absorción de impacto 40 tiene al menos una de las zonas tratadas térmicamente B y C formadas de modo que se extiendan en la dirección longitudinal del elemento 10 de absorción de impacto tal como se ilustra, por ejemplo en la FIG. 8. Más específicamente, la zona tratada térmicamente (otra zona tratada térmicamente) B puede formarse en

parte o totalmente por las zonas 13, 17 de esquina que se extienden en la dirección longitudinal del elemento de absorción de impacto 40, o la zona C tratada térmicamente puede formarse en parte de las zonas planas 12, 16. Con esta aplicación, es posible suprimir la deformación del elemento de absorción de impacto 40 provocada por la energía del choque en la dirección de cortadura, y adicionalmente, suprimir la deformación del elemento de absorción de impacto 40 provocada por la energía de choque en la dirección de compresión.

Adicionalmente, en esta realización, aunque no se ilustra, la zona 12 plana se deforma (dobla) en una forma similar al elemento 10 de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 1B.

[Cuarta realización].

En la primera realización, el elemento 10 de absorción de impacto incluye el cuerpo 11 tubular parcial que tiene la forma de sección transversal con forma poligonal con una sección transversal abierta en la que está abierto un lado. Sin embargo, de modo similar, el tratamiento térmico con la luz láser se aplica a un elemento de absorción de impacto 50 que tiene una forma poligonal con una sección transversal cerrada en la que la forma de la sección transversal se cierra tal como se ilustra en la FIG. 9. Más específicamente, además de un cuerpo 51 tubular parcial en la primera realización, el elemento de absorción de impacto 50 incluye una zona plana 26 que cierra un lado abierto del cuerpo 51 tubular parcial que tiene una forma de sección transversal poligonal, una zona de esquina 27a proporcionada entre la zona plana 26 y la zona plana 12a que constituyen el cuerpo 51 tubular parcial, y una zona de esquina 27b proporcionada entre la zona plana 26 y la zona plana 12c que constituyen el cuerpo 51 tubular parcial. El tratamiento térmico con la luz láser se aplica a las zonas planas 12a a 12c del elemento de absorción de impacto 50 de una forma similar al elemento 10 de absorción de impacto descrito anteriormente. Adicionalmente, tal como se ilustra en la FIG. 9, el tratamiento térmico por láser se aplica a la zona plana 26 para formar una zona tratada térmicamente D. En esta realización, la línea de punto y raya en la FIG. 9 significa que el tratamiento térmico por láser se aplica a un lado posterior de la zona plana.

Adicionalmente, en esta realización, aunque no se ilustra, las zonas planas 12a a 12c se deforman (doblan) de una forma similar al elemento 10 de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 1B.

Adicionalmente, en esta realización, el elemento de absorción de impacto tiene una forma de sección transversal en la que su forma permanece casi sin cambiar en la dirección longitudinal. Sin embargo, sería posible que el elemento de absorción de impacto no tenga la forma de la sección transversal en la que su forma permanece casi sin cambiar en la dirección longitudinal. Por ejemplo, esta realización puede aplicarse a un elemento de absorción de impacto que tenga una forma en la que la forma de la sección transversal se incrementa gradualmente desde una zona del extremo longitudinal 14, en otras palabras, la forma de la sección transversal se convierte en gradualmente más ancha con la distancia desde la zona del extremo longitudinal 14. Adicionalmente, esta realización puede aplicarse a un elemento de absorción de impacto en el que la forma de la sección transversal se reduce gradualmente desde la zona del extremo longitudinal 14, en otras palabras, la forma de la sección transversal se contrae hacia el interior con la distancia desde la zona del extremo longitudinal 14.

Adicionalmente, un elemento de absorción de impacto 60 puede curvarse o doblarse desde el punto medio del mismo tal como se ilustra en un ejemplo en la FIG. 10. En este caso, la dirección longitudinal representa una dirección a lo largo de la línea central W del elemento de absorción de impacto 60, y el intervalo de L/2 se determina en base a la longitud de la línea central W. En particular, en el caso en el que el elemento de absorción de impacto 60 tiene una forma tal como se ha descrito anteriormente, una fuerza en la dirección de cortadura actúa sobre el elemento de absorción de impacto 60 incluso si la energía de impacto en la dirección longitudinal se aplica a la zona del extremo longitudinal 14 del elemento de absorción de impacto 60.

[Quinta realización]

A continuación se describirá una quinta realización de la presente invención.

La FIG. 4 ilustra un modo de deformación en el que la zona del extremo longitudinal 14 del elemento 10 de absorción de impacto, en otras palabras, la zona del extremo longitudinal del cuerpo ensamblado del elemento estructural 1 se fija a cualquier otro elemento. Sin embargo, en el caso en el que la zona del extremo longitudinal 14 del elemento 10 de absorción de impacto no se fija a ningún otro elemento y se conforma como un extremo libre, el elemento 10 de absorción de impacto se deforma de un modo compacto diferente. La FIG. 11 ilustra este modo de deformación.

La FIG. 11 ilustra cómo se deforma el elemento de absorción de impacto 70 en el modo compacto cuando la energía de impacto se aplica en la dirección de la flecha en la FIG. 11 en el caso en el que la zona del extremo longitudinal 14 del elemento de absorción de impacto 70 se conforma como el extremo libre. Como puede entenderse a partir de la FIG. 11, cuando el elemento de absorción de impacto 70 se deforma en el modo compacto en el caso en que la zona del extremo longitudinal 14 del elemento de absorción de impacto 70 se conforma como el extremo libre, el elemento de absorción de impacto 70 se expande hacia el exterior en la región en donde la distancia X en la dirección longitudinal está en el intervalo de 0 a L/4, y el elemento de absorción de impacto 70 se mella hacia el interior en la región en la que la distancia X está en el intervalo de L/4 a 3L/4. Adicionalmente, el elemento de absorción de impacto 70 se expande hacia el exterior en la región en la que la distancia X está en el intervalo de

3L/4 a 5L/4, y el elemento de absorción de impacto 70 se mella hacia el interior en la región en la que la distancia X está en el intervalo de 5L/4 a 7L/4. Posteriormente, el elemento de absorción de impacto 70 repite la expansión y mellado en una forma similar en ciclo de L.

5 A la vista de los hechos descritos anteriormente, en esta realización, se forma una zona tratada térmicamente E en una posición diferente a aquellas de la realización descrita anteriormente. En esta realización, el elemento de absorción de impacto 70 está separado por secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 (sección vertical que incluye la línea discontinua en la FIG. 12) y comenzando desde una sección vertical situada en una posición en la que la distancia longitudinal X es L/4. Una zona plana parcial 79 representa una zona cuadrilátera de cada una de las zonas planas 12a a 12c localizadas entre las secciones verticales adyacentes
10 obtenidas por la separación del elemento de absorción de impacto 70 tal como se ha descrito anteriormente. En otras palabras, cuando a es un entero, la zona plana parcial 79 representa una zona cuadrilátera de cada una de las zonas planas situadas entre una sección vertical situada a una distancia X en la dirección longitudinal de $(a/2 - 1/4)L$ y una sección vertical situada a una distancia X de $(a/2 + 1/4)L$. De ese modo, la zona plana parcial 79 representa una zona indicada por la línea de punto y raya en la FIG. 12. Obsérvese que, del gran número de zonas planas
15 parciales 19, solo se ilustran en la FIG. 12 tres zonas planas parciales 79a, 79b y 79c.

Adicionalmente, en esta realización, el tratamiento térmico por láser se aplica en la dirección diagonal sobre el lado superficial externo de cada una de las zonas planas parciales 79 que tienen la forma cuadrilátera para formar la zona tratada térmicamente E que se extiende en la dirección diagonal. En particular, en el ejemplo ilustrado en la FIG. 12, el tratamiento térmico por láser se aplica en forma recta desde una esquina de cada una de las zonas
20 planas parciales 79 que tienen la forma cuadrilátera a una esquina situada en el lado del ángulo opuesto para formar la zona tratada térmicamente E correspondiente a esta aplicación. Aún más, en esta realización, las zonas tratadas térmicamente E proporcionadas a las zonas planas parciales 79 adyacentes entre sí y que se extienden en la dirección diagonal se disponen de modo que sean simétricas con respecto a una línea situada entre las zonas planas parciales 79 adyacentes entre sí. En esta realización, puede ser posible cambiar las zonas a las que se
25 aplica el tratamiento térmico con la luz láser, como es el caso con las realizaciones descritas anteriormente.

Adicionalmente, en esta realización, aunque no se ilustra, las zonas planas 12a a 12c se deforman (doblan) de una forma similar al elemento 10 de absorción de impacto ilustrado en la FIG. 1B.

De la primera realización a la quinta realización pueden resumirse de la siguiente manera. De acuerdo con la presente invención, la zona tratada térmicamente que tiene el tratamiento térmico con la luz láser aplicada a la
30 misma se forma sobre al menos una de la pluralidad de zonas planas de modo que se deforme en un ángulo en el intervalo de 0,1 grados a 3,0 grados. Adicionalmente, se puede decir que al menos una zona plana parcial tiene la zona tratada térmicamente que tiene el tratamiento térmico aplicado a la misma con la luz láser que se extiende en al menos una dirección diagonal de la zona plana parcial, en la que L es la longitud del lado medio de todos los
35 elementos que constituyen la forma de la sección transversal poligonal en la zona del extremo longitudinal 14 del elemento de absorción de impacto, y la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada una de las zonas planas situadas entre las secciones verticales adyacentes cuando el elemento de absorción de impacto se separa por secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde una sección vertical predeterminada.

Ejemplos

40 [Ejemplo comparativo 1]

Un elemento de absorción de impacto 83 del Ejemplo comparativo 1 es una chapa de acero BP con una clase 780 MPa tal como se ilustra en la FIG. 13A. La chapa de acero BP tiene un grosor de 1,6 mm, un límite elástico de 493 MPa, una resistencia a la tracción de 844 MPa, un alargamiento del 27%, la cantidad de contenido en carbono de 0,19%, la cantidad de contenido en silicio de 1,20% y la cantidad de contenido en manganeso de 1,84%. Esta
45 chapa de acero BP se dobló para producir el elemento de absorción de impacto sin tratar 83 que tiene una forma tal como se ilustra en la FIG. 13B. El elemento de absorción de impacto sin tratar 83 incluye un cuerpo tubular parcial 81 que tiene una sección transversal cuadrilátera estando un lado abierto. Las longitudes laterales de la sección vertical formada por las tres zonas planas que constituyen el cuerpo tubular parcial 81 se establecieron de modo que la longitud de la zona plana 82a era de 50 mm, la longitud de la zona plana 82b de 70 mm, la longitud de la zona
50 plana 82c era de 50 mm y la longitud del lado abierto del elemento de absorción de impacto 83 era de 70 mm como se ha ilustrado en la FIG. 14A. De ese modo, la longitud lateral media L del elemento de absorción de impacto 83 sin tratar era de 60 mm.

Adicionalmente, cuando el elemento de absorción de impacto 83 se dividió en tres en la dirección longitudinal (dirección de extensión) desde un extremo 84a hacia el otro extremo 84b como se ilustra en la vista superior de la FIG. 14B, la zona central del elemento de absorción de impacto 83 se formó de modo que se inclinara con respecto
55 a las otras dos zonas del extremo. Adicionalmente, las zonas entre la zona central y las dos zonas del extremo se curvaron en 50R. Aún más, la longitud de cada una de las dos zonas del extremo en la dirección longitudinal se estableció en 100 mm, y la longitud de la zona central (longitud en la dirección longitudinal de las dos zonas extremas) se estableció en 110 mm.

Un elemento estructural adicional más plano 82 se soldó por puntos a una zona de reborde 85 del elemento de absorción de impacto sin tratar 83 tal como se ha descrito anteriormente para producir un cuerpo ensamblado de elemento estructural 80 tal como se ilustra en la FIG. 13C. La soldadura por puntos S se aplicó al centro en la dirección del ancho de la zona plana que constituye la zona de reborde 85 y a intervalos de 30 mm en la dirección longitudinal. Adicionalmente, una distancia desde la zona del extremo 84a (zona del extremo en la que se ha de aplicar el impacto, de aquí en adelante denominada como “zona del extremo sobre el lado de aplicación del impacto”) al primer punto de soldadura en la dirección longitudinal se estableció en 10 mm.

La otra zona del extremo 84b (zona del extremo situada en el lado opuesto al lado al que se ha de aplicar el impacto, y de aquí en adelante denominada como “zona del extremo sobre el lado de no aplicación del impacto”) del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 producido tal como se ha descrito anteriormente se soldó por gas inerte (MIG) a la chapa de acero SP que tiene un grosor de 1,6 mm y una longitud lateral de 250 mm. El cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 y la chapa de acero SP no se soldaron en la superficie extrema completa del cuerpo ensamblado del elemento estructural 1, y se soldaron en la proximidad de la zona central de cada lado que constituía la sección transversal cuadrilátera anteriormente descrita entre las superficies extremas del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80. Para las zonas planas 82a y 82c que tienen una longitud lateral de 50 mm, se aplicó la soldadura MIG de 20 mm en la zona central de la superficie extrema de las zonas planas 82a y 82c. Para el elemento 20 estructural adicional y la zona plana 62b que tiene una longitud lateral de 70 mm, se aplicó la soldadura MIG de 30 mm a la zona central de la superficie extrema de la zona plana 62b, y se aplicó una soldadura MIG de 30 mm a la zona central de la superficie extrema del elemento estructural adicional 82 (zona oscurecida en la FIG. 15 que ilustra una vista lateral del cuerpo ensamblado del elemento estructural de la FIG. 13D).

Adicionalmente, en este Ejemplo comparativo 1, se soldó por MIG una chapa metálica a la zona extrema del lado de aplicación de impacto del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 de una forma similar.

El cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 se colocó en una forma tal que la dirección longitudinal del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 descrito anteriormente fuese la dirección vertical, y la zona extrema sobre el lado de aplicación del impacto del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 mirase hacia arriba. A continuación, se realizó un ensayo de impacto de modo que un peso en caída de 300 kg situado por encima de la zona del extremo sobre el lado de aplicación del impacto del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 se le hizo caer desde una altura de 2 m. En ese momento, la energía introducida al cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 por el peso cayendo fue de 5880 J.

En el momento del ensayo de impacto, se colocó una unidad de medición de carga (célula de carga) inmediatamente por debajo del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 para medir un histórico de cargas después de que el peso en caída se pusiera en contacto con el cuerpo ensamblado del elemento estructural 80. Al mismo tiempo, se midió el histórico de desplazamiento (histórico en el tiempo de la cantidad de descenso del peso en caída después de que el peso en caída se pusiera en contacto con el cuerpo ensamblado del elemento estructural 1) del peso en caída después de que el peso en caída se pusiera en contacto con el cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 con un medidor de desplazamiento láser. En base al histórico de carga y al histórico de desplazamiento medidos tal como se ha descrito anteriormente, se calculó la energía absorbida del cuerpo ensamblado del elemento estructural 1 mediante la integración de la curva carga-desplazamiento desde el momento en el que el peso en caída se puso en contacto con el cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 hasta el momento en el que el peso en caída se desplazó en 50 mm hacia abajo en la dirección vertical. La energía absorbida del Ejemplo comparativo 1 fue de 1920 J.

Adicionalmente, se midió la longitud total del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 en la dirección longitudinal después del ensayo de impacto, y se calculó la cantidad de abollado mediante la resta de la longitud total del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 en la dirección longitudinal después del ensayo de impacto de la longitud total (344 mm) del cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 en la dirección longitudinal antes del ensayo de impacto. La cantidad de abollado del Ejemplo comparativo 1 fue de 155 mm. Después del ensayo de impacto, el cuerpo ensamblado del elemento estructural 80 se plegó en las zonas curvadas entre la zona central y ambas zonas extremas descritas anteriormente.

[Ejemplo 1]

Se aplicó un tratamiento térmico por láser con un láser de dióxido de carbono al elemento de absorción de impacto 83 del Ejemplo comparativo 1 tal como se ha descrito anteriormente. La potencia láser se fijó en 5 kW, y la velocidad de tratamiento térmico se fijó en 15 m/min. La potencia láser y la velocidad de tratamiento térmico en el tratamiento térmico por láser no se cambiaron a todo lo largo de los Ejemplos y Ejemplos comparativos a continuación. En este ejemplo, el tratamiento térmico por láser se aplicó en una dirección diagonal a las zonas ilustradas como las zonas A tratadas térmicamente en la FIG. 16, más específicamente, se aplicó en una dirección diagonal cada una de las zonas planas parciales, en la que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada zona plana situada entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento de absorción de impacto 93 se separó por secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde la zona del extremo 94a sobre el lado de aplicación del impacto hacia la zona del extremo 94b en el lado de aplicación del impacto.

Se midió la dureza Vickers en zonas en donde se aplicó el tratamiento térmico por láser. La dureza Vickers del elemento de absorción de impacto sin tratar 83 fue de 230, mientras que la dureza Vickers en el elemento de absorción de impacto 93 después del tratamiento térmico por láser fue de 468, lo que confirma que se realizó de modo suficiente el templado.

- 5 Se realizó el ensayo de impacto al cuerpo ensamblado del elemento estructural 90 producido tal como se ha descrito anteriormente en una forma similar a la del Ejemplo comparativo 1. Como resultado, la energía absorbida fue de 3916 J, la cantidad de abollado fue de 74 mm y el cuerpo ensamblado del elemento estructural 90 no se plegó después del ensayo de impacto.

[Ejemplo comparativo 2]

- 10 Al elemento de absorción de impacto 83 del Ejemplo comparativo 1 descrito anteriormente, se aplicó un tratamiento térmico por láser a zonas ilustradas como la zona tratada térmicamente F en la FIG. 17, más específicamente, se aplicó una forma recta a la zona central en la dirección del ancho de cada una de las zonas planas que constituyen el cuerpo tubular parcial 88 del elemento de absorción de impacto 86 de modo que se extendiera en la dirección longitudinal desde una zona del extremo 87a a la zona del extremo 87b. Se realizó el ensayo de impacto al cuerpo ensamblado del elemento estructural 89 así producido. Como resultado, la energía absorbida fue de 2058 J, la cantidad de abollado fue de 121 mm, y el cuerpo ensamblado del elemento estructural 89 se plegó después del ensayo de impacto.

[Ejemplo comparativo 3]

- 20 Al elemento de absorción de impacto 83 del Ejemplo comparativo 1, se aplicó el tratamiento térmico por láser a zonas ilustradas como la zona tratada térmicamente E en la FIG. 18, más específicamente, se aplicó en una dirección diagonal de cada zona plana parcial, en la que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada zona plana situada entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento 103 de absorción de impacto se separa en secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 a partir de una sección vertical separada en L/4 en la dirección longitudinal desde la zona del extremo 104a sobre el lado de aplicación del impacto hacia la zona del extremo 104b sobre el lado de aplicación del impacto. Se realizó el ensayo de impacto al cuerpo ensamblado del elemento estructural 100 producido tal como se ha descrito anteriormente. Como resultado, la energía absorbida fue de 3815 J, la cantidad de arrugado fue de 80 mm, y el cuerpo ensamblado del elemento estructural 100 no se plegó después del ensayo de impacto.

[Ejemplo comparativo 4]

- 30 En el ejemplo comparativo 1 descrito anteriormente, se soldó por MIG una chapa de acero a la zona del extremo 84b sobre el lado de aplicación del impacto del elemento de absorción de impacto 83. Sin embargo, en el Ejemplo comparativo 4, la chapa de acero no se soldó a la zona extrema sobre el lado de aplicación del impacto del cuerpo ensamblado del elemento estructural, y la zona del extremo en el lado de aplicación del impacto se estableció para que fuese el extremo libre. Se realizó el ensayo de impacto al cuerpo ensamblado del elemento estructural producido tal como se ha descrito anteriormente. Como resultado, la energía absorbida fue de 2011 J, la cantidad de abollado fue de 161 mm, y el cuerpo ensamblado del elemento estructural 1 se plegó después del ensayo de impacto.

[Ejemplo 2]

- 40 Se aplicó un tratamiento térmico por láser al elemento de absorción de impacto del Ejemplo comparativo 4 descrito anteriormente. El tratamiento térmico por láser se aplicó a zonas ilustradas como la zona tratada térmicamente E en la FIG. 18. Más específicamente, el tratamiento térmico con luz láser se aplicó en una dirección diagonal de cada zona plana parcial, en la que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada zona plana situada entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento 103 de absorción de impacto se separa mediante secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 a partir de una sección vertical separada en L/4 en la dirección longitudinal desde la zona del extremo 104a sobre el lado de aplicación del impacto. Se realizó el ensayo de impacto al cuerpo ensamblado del elemento estructural 100 producido tal como se ha descrito anteriormente. Como resultado, la energía absorbida fue de 3921 J, la cantidad de abollado fue de 74 mm y el cuerpo ensamblado del elemento estructural 100 no se plegó después del ensayo de impacto.

[Ejemplo comparativo 5]

- 50 Al elemento de absorción de impacto del Ejemplo comparativo 4 descrito anteriormente, se aplicó el tratamiento térmico por láser a zonas ilustradas como la zona tratada térmicamente F en la FIG. 17, más específicamente, se aplicó una forma recta a la zona central en la dirección del ancho de cada una de las zonas planas que constituyen el cuerpo tubular parcial 88 del elemento de absorción de impacto 86 de modo que se extendiera en la dirección longitudinal desde una zona del extremo 87a a la zona del extremo 87b. Se realizó el ensayo de impacto al cuerpo ensamblado del elemento estructural 89 producido tal como se ha descrito anteriormente. Como resultado, la energía absorbida fue de 2018 J, la cantidad de abollado fue de 118 mm, y el cuerpo ensamblado del elemento estructural 89 se plegó después del ensayo de impacto.

[Ejemplo comparativo 6]

Al elemento 10 de absorción de impacto del Ejemplo comparativo 3 descrito anteriormente, se aplicó el tratamiento térmico por láser a zonas ilustradas como A en la FIG. 16, más específicamente, se aplicó en una dirección diagonal de cada zona plana parcial, en la que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada zona plana situada entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento 10 de absorción de impacto se separa mediante secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde la zona extrema sobre el lado de aplicación del impacto. Se realizó el ensayo de impacto al cuerpo ensamblado del elemento estructural 1 producido tal como se ha descrito anteriormente. Como resultado, la energía absorbida fue de 3795 J, la cantidad de abollado fue de 81 mm, y el cuerpo ensamblado del elemento estructural 1 no se plegó después del ensayo de impacto.

[Ejemplo 3]

Al elemento de absorción de impacto 83 del ejemplo comparativo 1 descrito anteriormente, se aplicó el tratamiento térmico por láser a zonas ilustradas como zonas A tratadas térmicamente y A1 en la FIG. 19, más específicamente, se aplicó en ambas direcciones diagonales de cada zona plana parcial, en la que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada zona plana situada entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento 10 de absorción de impacto se separa mediante secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde la zona extrema 124a sobre el lado de aplicación del impacto hacia la zona extrema 124b sobre el lado de aplicación del impacto 124b. Se realizó el ensayo de impacto al cuerpo ensamblado del elemento estructural 120 producido tal como se ha descrito anteriormente. Como resultado, la energía absorbida fue de 4350 J, la cantidad de abollado fue de 58 mm, y el cuerpo ensamblado del elemento estructural 1 no se plegó después del ensayo de impacto.

La tabla 1 proporciona un resumen de los resultados.

[Tabla 1]

Resultados del ensayo

	Condición del ensayo		Energía absorbida [J]	Cantidad de abollado [mm]	Aparición de plegado
	Zona tratada térmicamente	Zona del extremo longitudinal			
Ejemplo comparativo 1	-	Extremo fijo	1920	155	Existe
Ejemplo 1	Zona ilustrada en la FIG. 16		3916	74	No existe
Ejemplo comparativo 2	Zona ilustrada en la FIG. 17		2058	121	Existe
Ejemplo comparativo 3	Zona ilustrada en la FIG. 18		3815	80	No existe
Ejemplo comparativo 4	-	Extremo libre	2011	161	Existe
Ejemplo 2	Zona ilustrada en la FIG. 18		3921	74	No existe
Ejemplo comparativo 5	Zona ilustrada en la FIG. 17		2018	118	Existe
Ejemplo comparativo 6	Zona ilustrada en la FIG. 16		3795	81	No existe
Ejemplo 3	Zona ilustrada en la FIG. 19	Extremo libre	4350	58	No existe

A partir de la Tabla 1, se puede comprender que, en el caso en el que se suelda la chapa de acero a la zona extrema sobre el lado de la aplicación del impacto, en otras palabras, en el caso en el que la zona extrema sobre el lado de aplicación del impacto es un extremo fijado, el elemento de absorción de impacto 93 del Ejemplo 1 ilustrado en la FIG. 16 presenta una energía absorbida incrementada y una cantidad reducida de abollado en el momento en el que se aplica el impacto, en comparación con el elemento de absorción de impacto 86 del Ejemplo comparativo 2 ilustrado en la FIG. 17 y el elemento 103 de absorción de impacto del Ejemplo comparativo 3 ilustrado en la FIG. 18. Más específicamente, el elemento de absorción de impacto 93 que incluye las zonas planas parciales que tienen el

tratamiento térmico por láser aplicado a las mismas en una dirección diagonal, en el que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada zona plana situada entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento de absorción de impacto 93 se separa mediante secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde la zona del extremo sobre el lado de aplicación del impacto, presenta una energía absorbida incrementada y una cantidad reducida de abollado en el momento de recepción del impacto, en comparación con el elemento de absorción de impacto 86 en el que el centro en la dirección del ancho de cada una de las zonas planas tiene el tratamiento térmico por láser aplicado al mismo de una forma recta de modo que el tratamiento térmico por láser aplicado se extiende en la dirección longitudinal desde la zona del extremo a la otra zona extrema, y el elemento 103 de absorción de impacto que incluye zonas planas parciales que tienen el tratamiento térmico por láser aplicado a las mismas en una dirección diagonal de cada una de las zonas planas parciales, en el que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada una de las zonas planas situadas entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento de absorción de impacto se separa mediante secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 a partir de una sección vertical separada en L/4 en la dirección longitudinal desde la zona del extremo sobre el lado de aplicación del impacto.

Adicionalmente, a partir de la Tabla 1, se puede comprender que, en el caso en el que no se suelda la chapa de acero a la zona extrema sobre el lado de la aplicación del impacto, en otras palabras, en el caso en el que la zona extrema sobre el lado de aplicación del impacto es el extremo libre, el elemento 103 de absorción de impacto del Ejemplo 2 ilustrado en la FIG. 18 presenta una energía absorbida incrementada y una cantidad reducida de abollado en el momento en el que se aplica el impacto, en comparación con el elemento de absorción de impacto 86 del Ejemplo comparativo 5 ilustrado en la FIG. 17 y el elemento de absorción de impacto 93 del Ejemplo comparativo 6 ilustrado en la FIG. 16. Más específicamente, el elemento 103 de absorción de impacto que incluye zonas planas parciales que tienen el tratamiento térmico por láser aplicado a las mismas en una dirección diagonal de cada una de las zonas planas parciales, en el que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada una de las zonas planas situadas entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento 103 de absorción de impacto se separa mediante secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde una sección vertical separada en L/4 en la dirección longitudinal desde la zona del extremo sobre el lado de aplicación del impacto, presenta una energía absorbida incrementada y una cantidad reducida de abollado en el momento en que se aplica el impacto, en comparación con el elemento de absorción de impacto 86 en el que el centro en la dirección del ancho de cada una de las zonas planas tiene el tratamiento térmico por láser aplicado al mismo de una forma recta de modo que el tratamiento térmico por láser aplicado se extiende en la dirección longitudinal desde el extremo al otro extremo, y el elemento de absorción de impacto 93 que incluye zonas planas parciales que tienen el tratamiento térmico por láser aplicado a las mismas en una dirección diagonal de cada una de las zonas planas parciales, en el que la zona plana parcial es una zona cuadrilátera de cada una de las zonas planas situadas entre secciones verticales adyacentes cuando el elemento de absorción de impacto 93 se separa mediante secciones verticales dispuestas en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 a partir de la zona del extremo sobre el lado de aplicación del impacto.

Aún más, puede entenderse que el elemento de absorción de impacto que incluye las zonas planas parciales que tienen el tratamiento térmico por láser aplicado a las mismas en ambas direcciones diagonales de cada una de las zonas planas parciales presenta una energía absorbida incrementada y una cantidad reducida de abollado en el momento en el que se aplica la carga de impacto, en comparación con el elemento de absorción de impacto que incluye las zonas planas parciales que tienen el tratamiento térmico por láser aplicado a las mismas solo en una dirección diagonal (Ejemplo 3).

[Sexta realización]

A continuación, con referencia los dibujos adjuntos, se describirá una sexta realización de la presente invención.

La FIG. 20 y la FIG. 21 ilustran un elemento 210 de absorción de impacto aplicable a un elemento lateral frontal, un elemento lateral posterior u otros elementos de un vehículo de pasajeros como una pieza formada a la que se aplica la presente invención. El elemento 210 de absorción de impacto incluye una primera chapa de acero (cuerpo tubular parcial) 212 y una zona de reborde 215. La primera chapa de acero 212 se forma a través de un trabajo en prensa o formación por rodillos de modo que sobresalga hacia arriba en una forma rectangular en la FIG. 20 y la FIG. 21. La zona de reborde 215 incluye zonas de reborde 215a y 215b que se extienden en la dirección lateral desde la primera chapa de acero 212. El elemento 210 de absorción de impacto se forma en una forma de sección transversal similar a un sombrero cuando se ve en una dirección perpendicular a la dirección en la que se extiende el elemento 210 de absorción de impacto.

La primera chapa de acero 212 se suelda por puntos a la segunda chapa de acero 214 en las zonas de reborde 215a y 215b.

En esta realización, la primera chapa de acero 212 incluye una pluralidad de zonas planas 212a a 212c, y una pluralidad de zonas en esquina (zona en cresta) 213 y 217 proporcionadas entre las zonas planas 212a a 212c. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 20, la zona de esquina 213 incluye dos zonas de esquina 213a y 213b, y la zona de esquina 217 incluye dos zonas de esquina 217a y 217b. La zona plana 212a y la zona de reborde 215 se conectan por medio de la zona de esquina 217a, y la zona plana 212c y la zona de reborde 215 se conectan por medio de la

zona de esquina 217b.

El elemento 210 de absorción de impacto tiene una o más zonas tratadas térmicamente 216a, 216b, 216c, 216d formadas por medio del templado con luz láser de forma que las zonas tratadas térmicamente se extienden a lo largo de la dirección longitudinal (dirección de extensión) de al menos una zona plana de las zonas planas 212a a 212c y la zona de reborde 215. La zona tratada térmicamente 216a se forma sobre la superficie superior (superficie) 16c de la zona plana 212b, la zona tratada térmicamente 216b se forma sobre la superficie lateral (superficie) 16d de la zona plana 212a, 212c, y la zona tratada térmicamente 216d se forma sobre la superficie inferior (superficie) 14a de la segunda chapa de acero 214. Adicionalmente, puede ser posible formar la zona tratada térmicamente 216c sobre la superficie superior 16e de la zona de reborde 215a, 215b. La al menos una zona tratada térmicamente 216a, 216b, 216c, 216d se proporciona de modo que se extienda en la dirección longitudinal a lo largo de la línea central de las zonas planas 212a a 212c, las zonas de reborde 215a y 215b, y la segunda chapa de acero 214. Sin embargo, la presente invención no está limitada a esta configuración. La al menos una zona tratada térmicamente se puede disponer de modo que se desplace posicionalmente a un lado de cualquiera de las zonas límite de cada una de las zonas planas 212a a 212c, las zonas del borde 215a y 215b, y la segunda chapa de acero 214. Aún más, solo es necesario que la zona tratada térmicamente se forme lo largo de la dirección longitudinal de al menos una zona plana de la pluralidad de zonas planas 212a a 212c. Aún más adicionalmente, la zona tratada térmicamente 216a, 216b, 216c, 216d puede formarse en un área templada térmicamente que extiende a lo largo de la dirección longitudinal del elemento 210 de absorción de impacto. Preferiblemente, tal como se ilustra en la FIG. 22, se incluye la pluralidad de áreas templadas térmicamente 218. Aún más adicionalmente, preferiblemente, la intensidad de la luz láser y el periodo de tiempo de la emisión de la luz láser se fija de modo que el área templada térmicamente 218 tenga una profundidad de 3/4 del grosor de la placa desde las superficies 16c, 16d, 16e y 14a de las zonas planas 212a a 212c, las zonas de reborde 215a y 215b y la segunda chapa de acero 214. Nótese que el área templada térmicamente 218 se define como un área que tiene una dureza más alta que una dureza de referencia dada por la siguiente expresión (1).

$$0,8 \times (884C(1 - 0,3C^2) + 294) \quad \text{Expresión (1)}$$

en la que C es la cantidad de contenido en carbono (% en peso)

Adicionalmente, en el caso en el que la zona tratada térmicamente incluya una pluralidad de áreas templadas térmicamente 218, es deseable formar primero un área templada térmicamente 218, formar la siguiente área templada térmicamente 218 de modo que no esté adyacente al área templada térmicamente que se ha formado, y secuencialmente, desde la siguiente área templada térmicamente 218 en un área que no sea adyacente al área templada térmicamente 218 formada de nuevo, impidiendo de ese modo que el área templada térmicamente 218 que ya se ha formado sea recocida por el calor producido por la formación de la nueva área templada térmicamente 218.

A continuación se describirán los resultados del ensayo de abollado sobre el elemento 210 de absorción de impacto formado tal como se ha descrito anteriormente.

Como material de ensayo, se usó una chapa de acero con una clase 440 MPa que tenía grosor de 1,6 mm para formar el elemento 210 de absorción de impacto que tenía una altura t de 50 mm, un ancho w de 70 mm, una longitud L1 de 300 mm, y una forma de sección transversal similar a sombrero tal como se ilustra en la FIG. 20 y la FIG. 21. La Tabla 2 muestra las características materiales de la chapa de acero usada para la formación del elemento 210 de absorción de impacto.

[Tabla 2]

Tipo de acero	t [mm]	Características mecánicas			Componente		
		Límite elástico [MPa]	Resistencia a tracción [MPa]	Alargamiento [%]	C [%]	Si [%]	Mn [%]
Material de acero con clase 440 MPa	1,6	301	457	39	0,09	0,02	1,27

En este ensayo, la luz láser se emitió bajo las condiciones: una potencia de 5 kW, y una velocidad de procesamiento de, en otras palabras, una velocidad a la que el punto de luz láser se movió sobre el elemento de absorción de impacto de 10 a 12 m/min.

A continuación, se midió la dureza Vickers en las zonas tratadas térmicamente que se templaron con la luz láser. En comparación con la dureza Vickers antes del templado de 140, la dureza Vickers fue de 306 después del templado. Por ello, el templado se realizó suficientemente.

Se observó la deformación del elemento 210 de absorción de impacto formado tal como se ha descrito anteriormente colocando el elemento 210 de absorción de impacto en una posición de modo que la dirección

longitudinal del elemento 210 de absorción de impacto estuviese en la dirección vertical, y dejando caer un elemento de impacto (no ilustrado) desde la parte superior del elemento 210 de absorción de impacto para llevar al elemento de impacto a colisión con el extremo superior del elemento 210 de absorción de impacto. Más específicamente, se dejó caer un peso de caída de 300 kg desde una altura de 2 m para llevar al peso en caída a colisión con el extremo superior del elemento estructural, y se observó la deformación del elemento estructural. A continuación, se calculó la energía absorbida como un valor de evaluación de la capacidad de absorción de impacto mediante la integración de una curva carga-desplazamiento desde un momento en el que el peso en caída se puso en contacto con el elemento estructural hasta un momento en el que el elemento estructural se deformó 30 mm. Como resultado, la energía de absorción de impacto en este ejemplo fue de 2256 J (julios), mientras que la energía de absorción de impacto en el caso en el que no se realizó el templado por láser fue de 2079 J.

La FIG. 23 y la FIG. 24 son fotografías que muestran la deformación del elemento 210 de absorción de impacto provocada por el ensayo de impacto. En la FIG. 23, el plegado local no tiene lugar en el elemento 210 de absorción de impacto, y el elemento 210 de absorción de impacto se deforma en una manera tal que se forman regularmente crestas y canales sobre todo el elemento de absorción de impacto. Este tipo de abollado se denomina el modo compacto. Por otro lado, en el elemento 210 de absorción de impacto mostrado en la FIG. 24, dado que el plegado tiene lugar localmente, la zona colapsada contiene una zona plana que no contribuye a la deformación. Este tipo de abollado se denomina el modo no compacto. En el modo no compacto, una zona recta no contribuye a la deformación, y no absorbe la energía de impacto. De ese modo, la energía absorbida es significativamente pequeña en comparación con la del modo compacto.

Tal como se ha ilustrado en la FIG. 25A, mediante la formación de la zona tratada térmicamente 216a, 216b, 216d en la zona plana con la luz láser, la zona tratada térmicamente 216a, 216b, 216d se distorsiona, lo que conduce a la deformación de la chapa de acero en una forma que se dobla hacia el lado de la superficie frontal de la luz láser siendo la zona tratada térmicamente 216a, 216b, 216d la central tal como se ilustra en la FIG. 25B. Más específicamente, se observó que la distorsión tenía lugar en la zona tratada térmicamente, y el elemento que tenía el área templada térmicamente formada hasta una profundidad de 1/2 a 3/4 del grosor de la placa desde la superficie 16c, 16d, 14a de la zona plana 212a a 212c y la segunda chapa de acero 214 se deformaba (doblaba) tal como se ha ilustrado en el dibujo. Esto es debido a que el área templada por láser se somete a un esfuerzo de tracción debido a la contracción tras la fusión. Más específicamente, en el caso en el que se aplicó el templado más superficialmente que la profundidad de 1/2 del grosor de la placa desde la superficie 16c, 16d, 14a de la zona plana 212a a 212c y la segunda chapa de acero 214, el esfuerzo de tracción debido a la contracción tras la fusión es bajo, y la aparición de distorsión es pequeña, de modo que la deformación que se ilustra en la FIG. 25B, es menos probable que aparezca. Por otro lado, en el caso en el que el templado se aplica más profundamente que la profundidad de 3/4 del grosor de la placa, el esfuerzo de tracción actúa sobre la superficie frontal así como en la superficie posterior de la superficie 16c, 16d, 14a de la zona plana 212a a 212c y la segunda chapa de acero 214, de modo que la deformación que se ilustra en la FIG. 25B es menos probable que ocurra. Por ello, para conseguir el efecto descrito anteriormente, es deseable aplicar el templado por láser a una profundidad de no menos de 1/2 y no más de 3/4 del grosor de la placa desde la superficie 16c, 16d, 14a. Adicionalmente, es deseable aplicar el templado a la superficie 16e de las zonas de reborde 215a, 215b de modo que alcancen una profundidad similar.

Tal como se ha ilustrado en la FIG. 21, en el caso en el que el templado por láser tal como se ha descrito anteriormente se aplique a, como la zona plana, la superficie superior 16c y ambas superficies laterales 16d de la primera chapa de acero 212, la superficie superior 16e de la zona de reborde 215, y la superficie inferior 14a de la segunda chapa de acero 214, el elemento 210 de absorción de impacto se deforma (dobla) hacia el centro tal como se ilustra en la FIG. 26A. En la FIG. 26B, la línea discontinua indica las zonas planas y la segunda chapa de acero 219 antes del tratamiento térmico, mientras que la línea continua indica las zonas planas 212a a 212c y la segunda chapa de acero 214 después del tratamiento térmico. Como se ilustra en la FIG. 26B, un ángulo α_2 (ángulo de deformación de la zona tratada térmicamente 216a, 216b, 216d) formada por la zona plana y la segunda chapa de acero 219 con las zonas planas 212a a 212c y la segunda chapa de acero 214 es no menor de 0,1 grados y no mayor de 3,0 grados. Preferiblemente, la deformación tiene lugar en el ángulo de no menos de 0,1 grados y no más de 0,6 grados.

Se debería observar que en la figura 26A y la figura 26B, la deformación de cada una de las zonas planas se ilustra exageradamente. Tal como se ilustra en la figura 26A y la figura 26B, con el templado por láser, el elemento 210 de absorción de impacto se conforma en una forma de modo que el número de líneas de cresta (zonas de esquina del elemento 210 de absorción de impacto) se incrementa, y las longitudes laterales medias L dadas por la siguiente expresión se hacen más pequeñas que las de antes del templado por láser.

$$L = \sum L_i / (j + k),$$

en la que

L_i : distancia entre líneas de cresta

j: el número de líneas de cresta sobre el elemento de absorción de impacto 210 de antes del templado por láser

k: el número de templado por láser.

5 Cuando la longitud lateral media L disminuye, la longitud de onda del colapsado en el momento del abollado se hace más corta tal como se ilustra en la FIG. 27. Esto hace que el modo compacto sea más probable que aparezca, lo que conduce a un incremento en la energía absorbida. De ese modo, de acuerdo con esta realización, en conjunto con el incremento del límite elástico de la zona tratada térmicamente sometida a templado por láser, la zona plana se deforma, lo que hace posible mejorar de modo efectivo la resistencia del elemento 210 de absorción de impacto e incrementa la energía absorbida.

10 Adicionalmente, en esta realización, se realiza una descripción de la configuración en la que las zonas tratadas térmicamente se forman sobre todas las zonas planas. Sin embargo, solo es necesario que la zona tratada térmicamente se forme sobre al menos una zona plana.

15 El alcance técnico de la presente invención no está limitado a de la primera realización a la sexta realización descritas anteriormente, y puede ser posible aplicar varias modificaciones a las realizaciones descritas anteriormente dentro del alcance de la presente invención. En otras palabras, las estructuras específicas y las formas ilustradas en las realizaciones son meramente ejemplos, y pueden ser posibles varias modificaciones dependiendo de las aplicaciones.

Lista de signos de referencia

- 1 Cuerpo ensamblado del elemento estructural
- 10 Elemento de absorción de impacto
- 11 Cuerpo tubular parcial
- 20 12 Zona plana
- 13 Zona de esquina
- 14 Zona del extremo longitudinal
- 14a Superficie inferior (segunda chapa de acero)
- 15 Zona de reborde
- 25 16 Zona plana
- 16c Superficie superior (zona plana)
- 16d Superficie lateral (zona plana)
- 16e Superficie superior (zona de reborde)
- 17 Zona de esquina
- 30 19 Zona plana parcial
- 20 Elemento estructural adicional
- 210 Elemento de absorción de impacto
- 212 Primera chapa de acero
- 214 Segunda chapa de acero
- 35 215 Zona de reborde
- 216a Zona tratada térmicamente
- 216b Zona tratada térmicamente
- 216c Zona tratada térmicamente
- 216d Zona tratada térmicamente
- 40 218 Área templada térmicamente

REIVINDICACIONES

1. Un cuerpo (1) ensamblado que incluye un elemento (10) de absorción de impacto y un elemento (20) estructural, comprendiendo el elemento (10) de absorción de impacto un cuerpo (11) tubular parcial que tiene una forma poligonal con un lado abierto en una sección transversal perpendicular a una dirección longitudinal del cuerpo (11) tubular parcial y a una zona (15) de reborde; y
 - 5 el elemento (20) estructural que tiene una forma similar a placa y que se coloca de modo que mire a la zona (15) de reborde del elemento (10) de absorción de impacto y cierre el lado abierto de la forma poligonal en la sección transversal del cuerpo (11) tubular parcial,
 - en el que el cuerpo (11) tubular parcial incluye:
 - 10 una pluralidad de zonas planas (12); y
 - una pluralidad de zonas (13) de esquina proporcionadas entre las zonas planas (12),
 - en el que:
 - 15 al menos una de la pluralidad de zonas planas (12) tiene una zona (A) tratada térmicamente formada mediante la aplicación de un tratamiento térmico con una luz láser de modo que se deforme en un ángulo de no menos de 0,1 grados y no más de 3,0 grados;
 - 20 cada una de las zonas planas (12) se separa en una pluralidad de zonas planas parciales (19) cuadriláteras adyacentes entre sí cuando el cuerpo (11) tubular parcial se divide mediante secciones perpendiculares a la dirección longitudinal dispuesta en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde una sección vertical situada en una posición predeterminada a lo largo de la dirección longitudinal desde una zona de extremo en la dirección longitudinal del cuerpo (11) tubular parcial, en la que L es una longitud lateral media de todos los lados que constituyen la forma poligonal con un lado abierto en la zona del extremo;
 - la zona (A) tratada térmicamente se forma a lo largo de al menos una dirección diagonal de al menos una zona plana parcial (19) cuadrilátera de la pluralidad de zonas planas parciales (19) cuadriláteras; y
 - 25 la zona (A) tratada térmicamente se proporciona a al menos dos zonas planas parciales (19) cuadriláteras adyacentes entre sí de la pluralidad de zonas planas parciales (19) cuadriláteras de modo que sean simétricas con respecto a una línea límite entre las zonas planas parciales (19) cuadriláteras.
2. El cuerpo ensamblado según la reivindicación 1, en el que la posición predeterminada se sitúa en la zona de extremo.
3. El cuerpo ensamblado según la reivindicación 1, en el que la posición predeterminada se localiza a L/4 desde la zona de extremo a lo largo de la dirección longitudinal.
- 30 4. El cuerpo ensamblado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que
 - se forman dos zonas (A) tratadas térmicamente a lo largo de ambas direcciones diagonales de al menos una zona plana parcial (19) cuadrilátera de la pluralidad de zonas planas parciales (19) cuadriláteras.
5. El cuerpo ensamblado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que
 - 35 se forma una segunda zona (B) tratada térmicamente sobre la pluralidad de zonas (13) de esquina mediante la aplicación de un tratamiento térmico con una luz láser a lo largo de la dirección longitudinal del cuerpo (11) tubular parcial.
6. El cuerpo ensamblado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que
 - 40 se forma una tercera zona (C) tratada térmicamente a lo largo de la dirección longitudinal de al menos una zona plana (12) de la pluralidad de zonas planas (12).
7. El cuerpo ensamblado según la reivindicación 6, en el que
 - la tercera zona (C) tratada térmicamente se forma con una pluralidad de luces láser a lo largo de la dirección longitudinal.
8. El cuerpo ensamblado según la reivindicación 6, en el que
 - 45 la tercera zona (C) tratada térmicamente se forma de modo que alcance una profundidad de no más de tres cuartos de un grosor de placa de la zona plana (12) desde una superficie de la zona plana (12).

9. El cuerpo ensamblado según la reivindicación 6, en el que
- la tercera zona (C) tratada térmicamente se forma de modo que alcance una profundidad de no menos de 1/2 de un grosor de placa de la zona plana (12) desde una superficie de la zona plana (12).
- 5 10. Un elemento de absorción de impacto (50) que comprende un cuerpo (51) tubular parcial que tiene una forma poligonal con un lado abierto en una sección transversal perpendicular a una dirección longitudinal del cuerpo (51) tubular parcial y una zona plana (26) que cierra el lado abierto del cuerpo (51) tubular parcial;
- en el que el cuerpo (51) tubular parcial incluye:
- una pluralidad de zonas planas (12); y
- una pluralidad de zonas (13) de esquina proporcionadas entre las zonas planas (12),
- 10 en el que:
- al menos una de la pluralidad de zonas planas (12) tiene una zona (A) tratada térmicamente formada mediante la aplicación de un tratamiento térmico con una luz láser de modo que se deforme en un ángulo de no menos de 0,1 grados y no más de 3,0 grados;
- 15 cada una de las zonas planas (12) se separa en una pluralidad de zonas planas parciales (19) cuadriláteras adyacentes entre sí cuando el cuerpo (11) tubular parcial se divide mediante secciones perpendiculares a la dirección longitudinal dispuesta en la dirección longitudinal en intervalos de L/2 desde una sección vertical situada en una posición predeterminada a lo largo de la dirección longitudinal desde una zona de extremo en la dirección longitudinal del cuerpo (11) tubular parcial, en la que L es una longitud lateral media de todos los lados que constituyen la forma poligonal con un lado abierto en la zona del extremo;
- 20 la zona (A) tratada térmicamente se forma a lo largo de al menos una dirección diagonal de al menos una zona plana parcial (19) cuadrilátera de la pluralidad de zonas planas parciales (19) cuadriláteras; y
- la zona (A) tratada térmicamente se proporciona a al menos dos zonas planas parciales (19) cuadriláteras adyacentes entre sí de la pluralidad de zonas planas parciales (19) cuadriláteras de modo que sean simétricas con respecto a una línea límite entre las zonas planas parciales (19) cuadriláteras.
- 25 11. El elemento de absorción de impacto según la reivindicación 10, en el que la posición predeterminada se sitúa en la zona de extremo.
12. El elemento de absorción de impacto según la reivindicación 10, en el que la posición predeterminada se localiza a L/4 desde la zona de extremo a lo largo de la dirección longitudinal.
13. El elemento de absorción de impacto según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que
- 30 se forman dos zonas (A) tratadas térmicamente a lo largo de ambas direcciones diagonales de al menos una zona plana parcial (19) cuadrilátera de la pluralidad de zonas planas parciales (19) cuadriláteras.
14. El elemento de absorción de impacto según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que
- se forma una segunda zona (B) tratada térmicamente sobre la pluralidad de zonas (13) de esquina mediante la aplicación de un tratamiento térmico con una luz láser a lo largo de la dirección longitudinal del cuerpo (11) tubular parcial.
- 35 15. El elemento de absorción de impacto según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que
- se forma una tercera zona (C) tratada térmicamente a lo largo de la dirección longitudinal de al menos una zona plana (12) de la pluralidad de zonas planas (12).
16. El elemento de absorción de impacto según la reivindicación 15, en el que
- 40 la tercera zona (C) tratada térmicamente se forma con una pluralidad de luces láser a lo largo de la dirección longitudinal.
17. El elemento de absorción de impacto según la reivindicación 15, en el que
- la tercera zona (C) tratada térmicamente se forma de modo que alcance una profundidad de no más de tres cuartos de un grosor de placa de la zona plana (12) desde una superficie de la zona plana (12).
- 45 18. El elemento de absorción de impacto según la reivindicación 15, en el que
- la tercera zona (C) tratada térmicamente se forma de modo que alcance una profundidad de no menos de 1/2 de

un grosor de placa de la zona plana (12) desde una superficie de la zona plana (12).

FIG. 1A

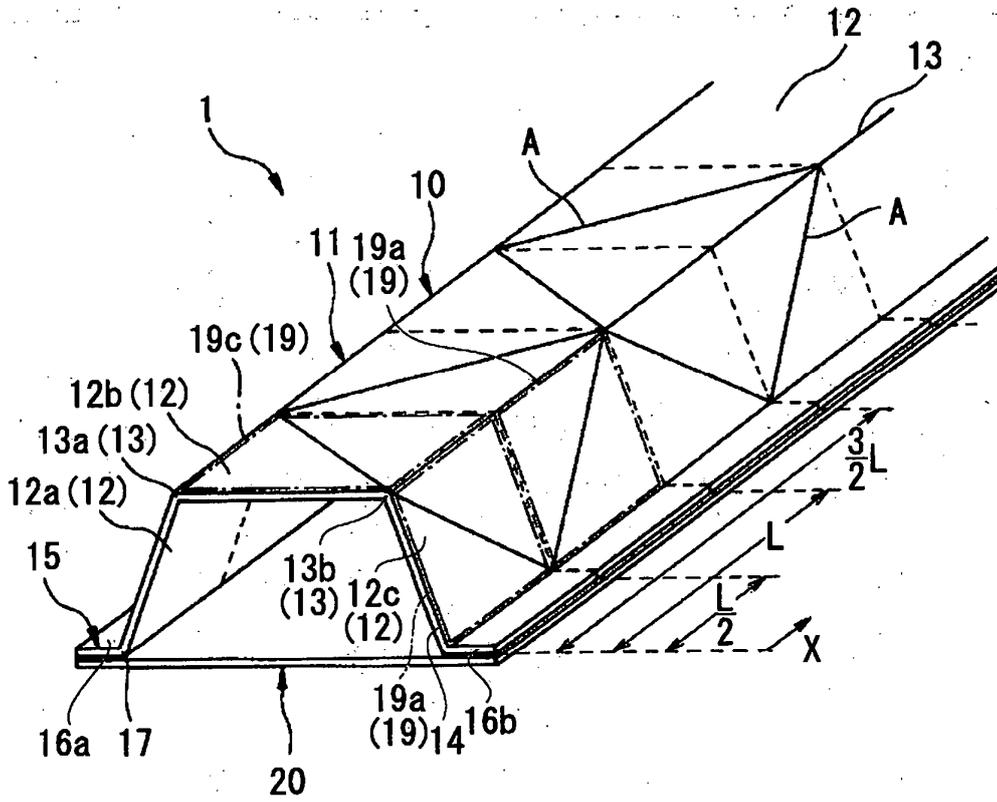


FIG. 1B

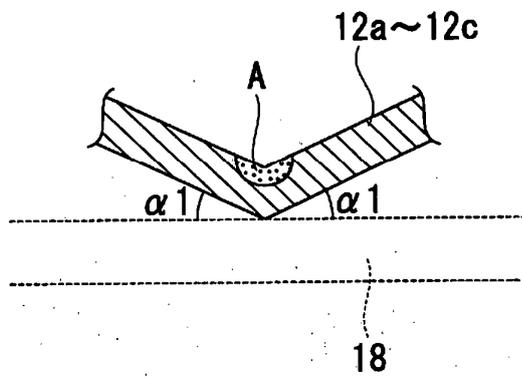


FIG. 2A

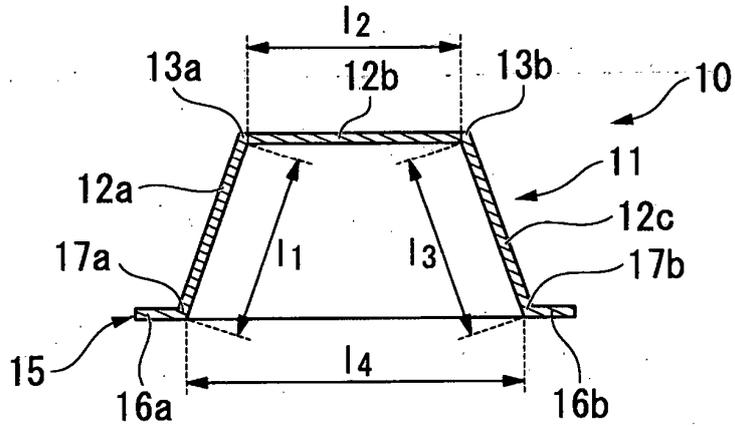


FIG. 2B

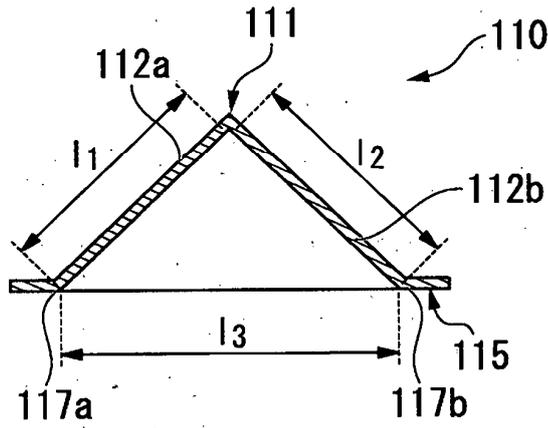


FIG. 2C

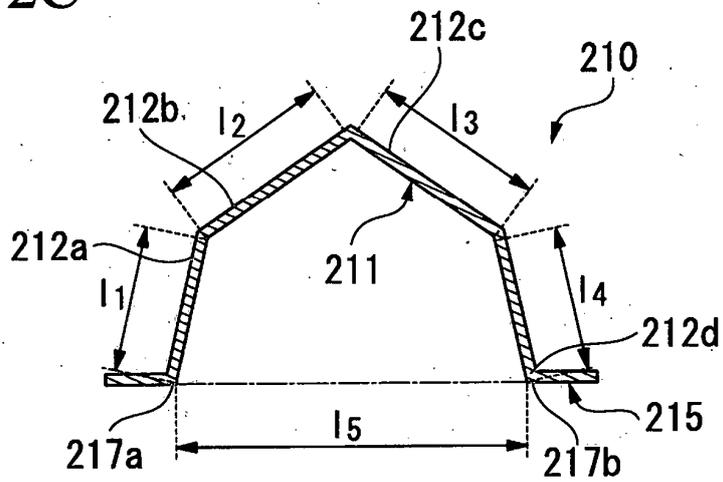


FIG. 3A

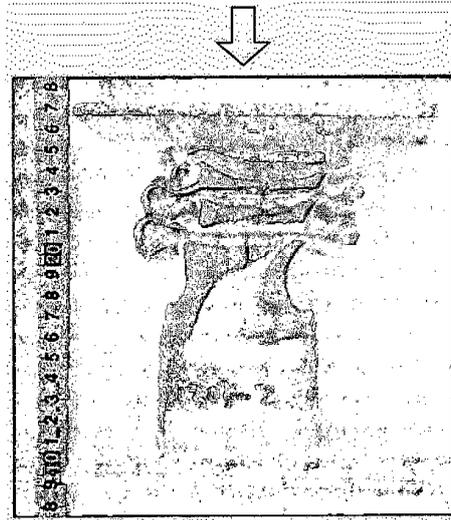


FIG. 3B

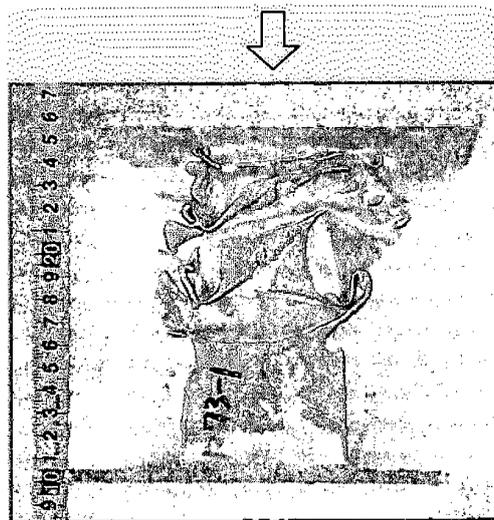


FIG. 4

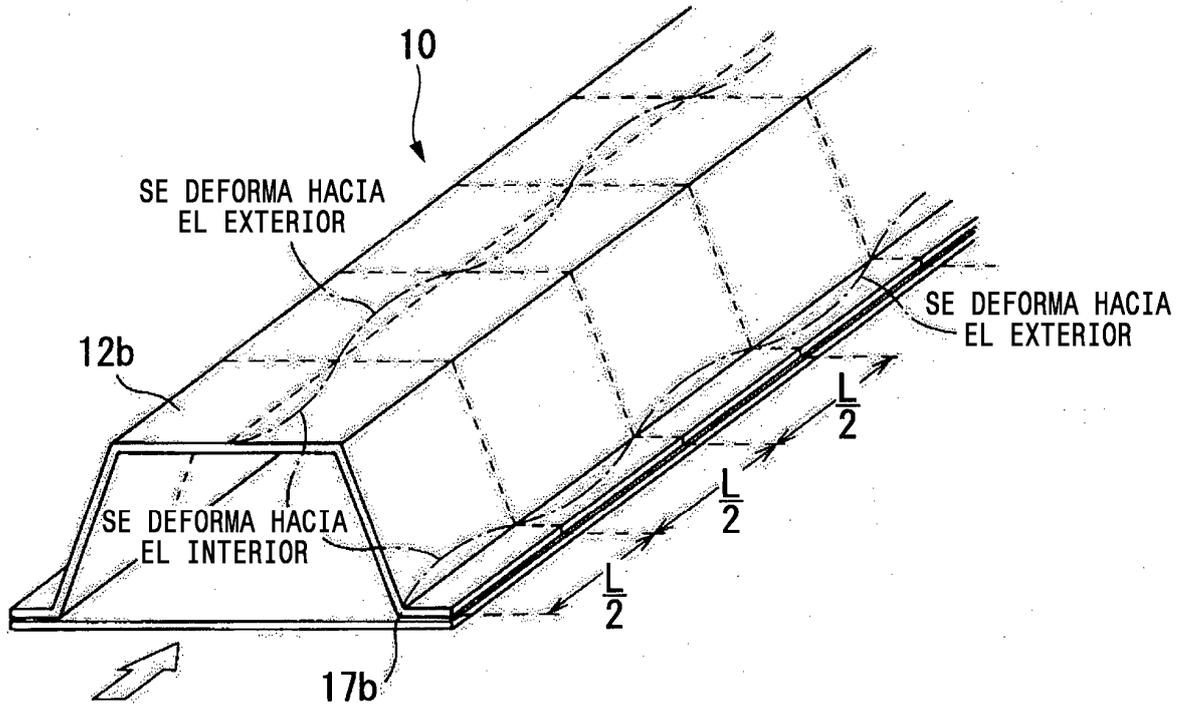


FIG. 5A

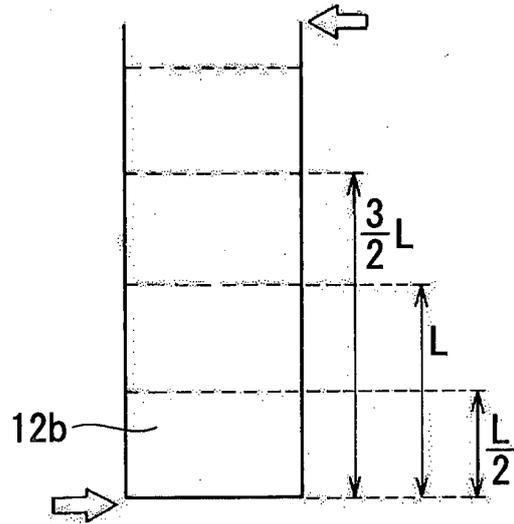


FIG. 5B

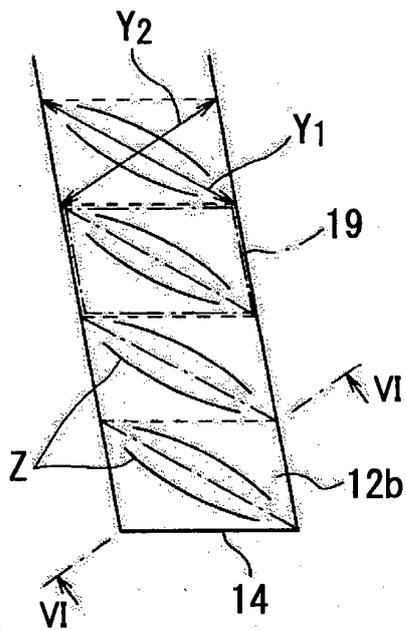


FIG. 6

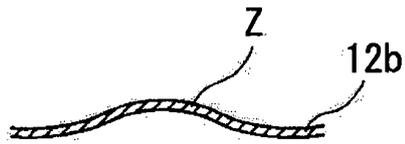


FIG. 7

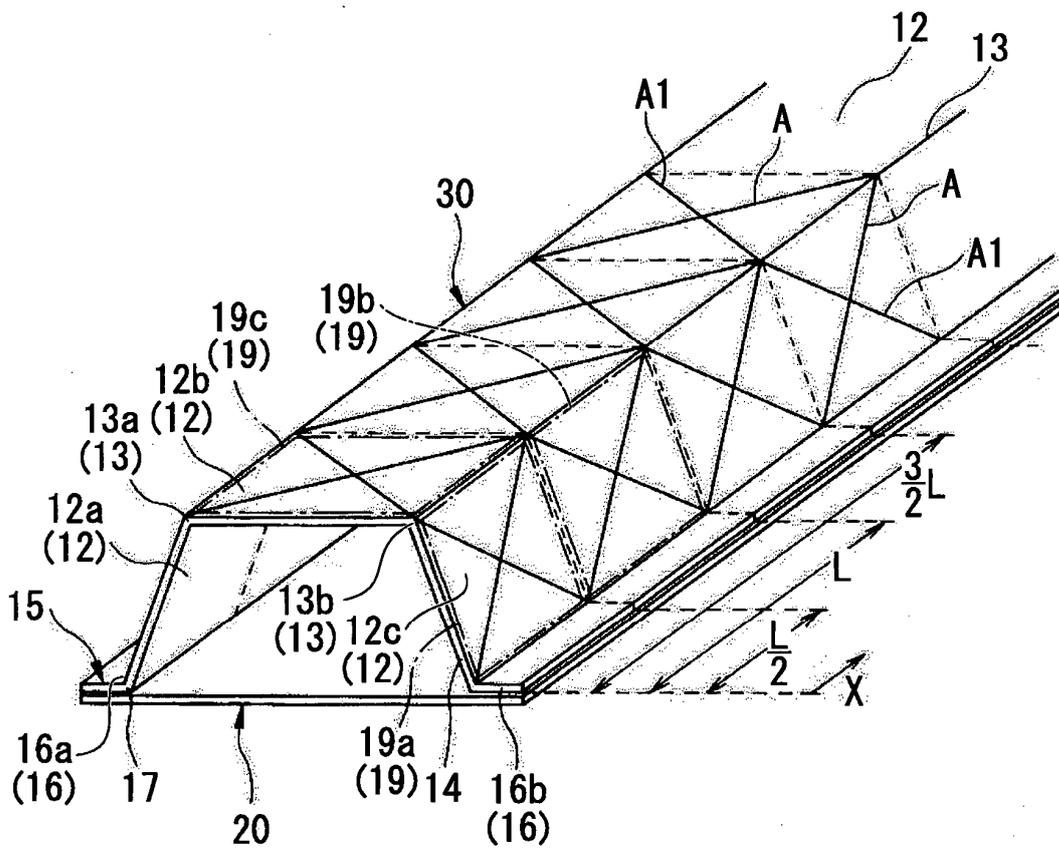


FIG. 8

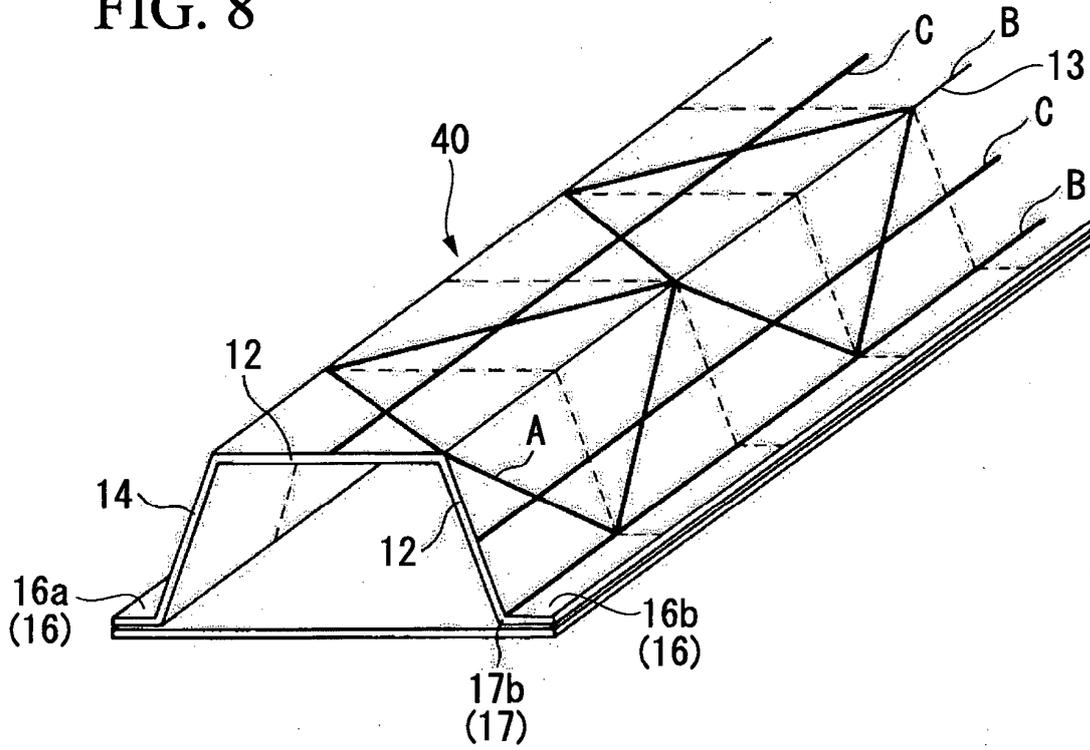


FIG. 9

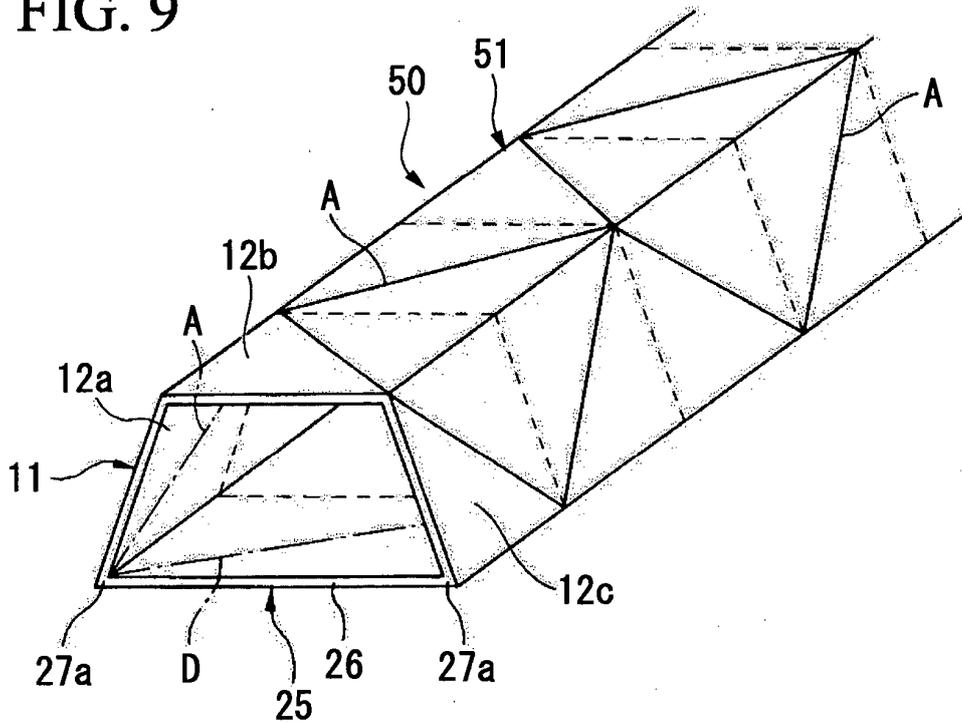


FIG. 10

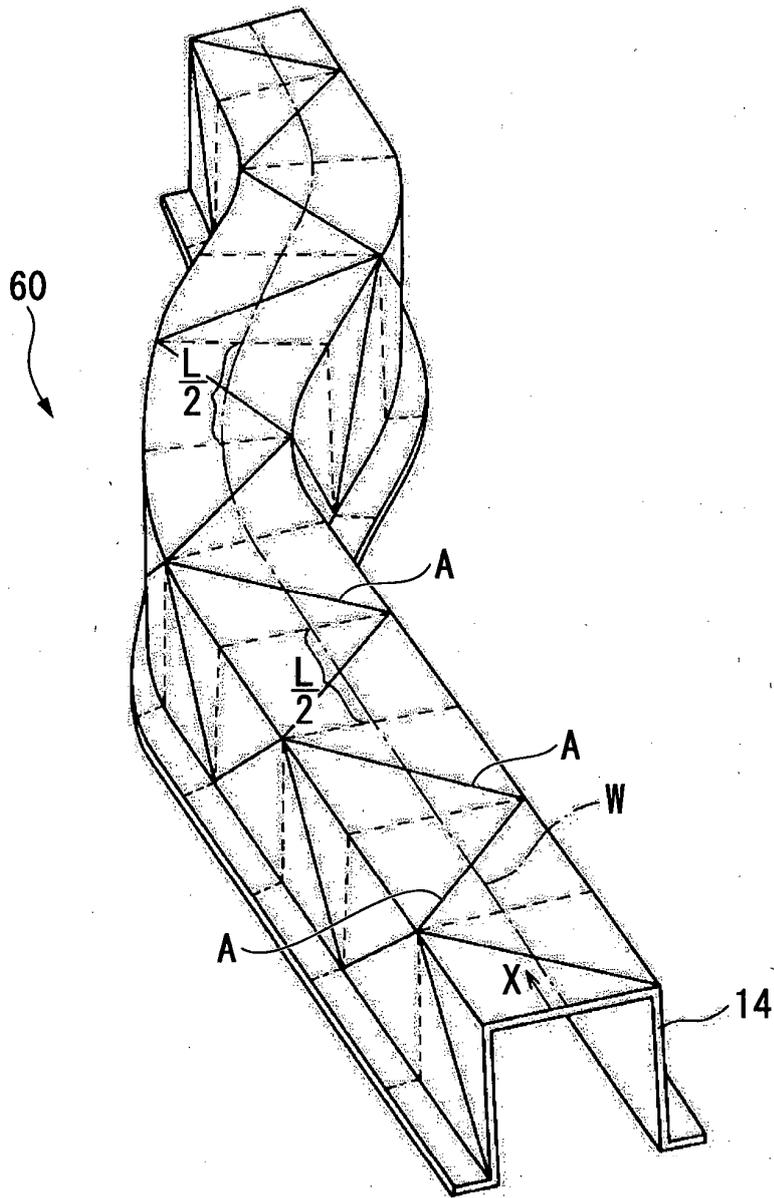


FIG. 11

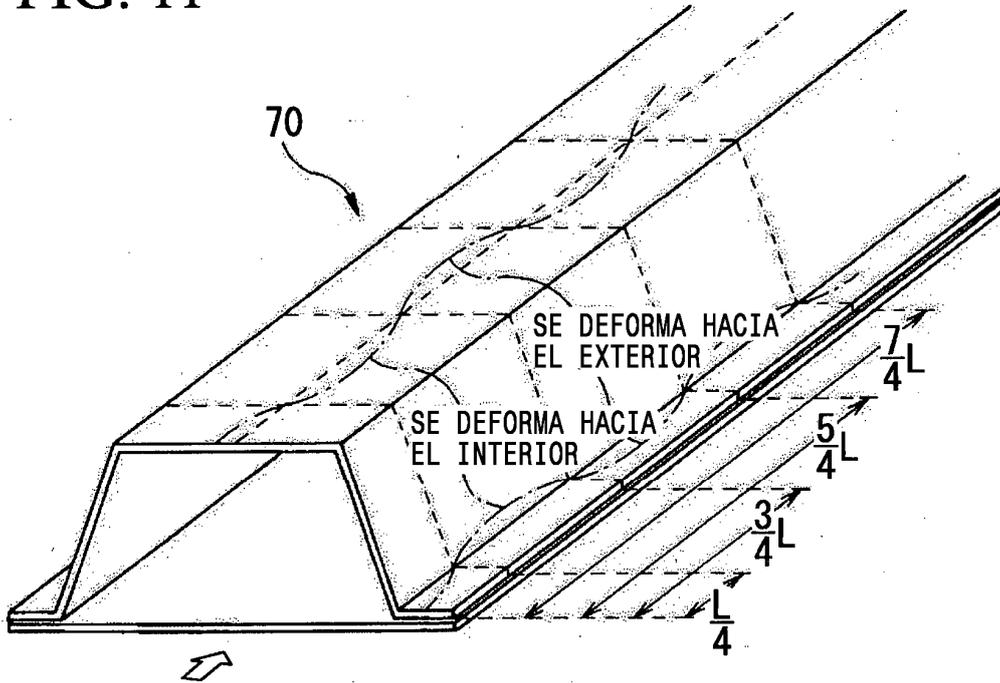


FIG. 12

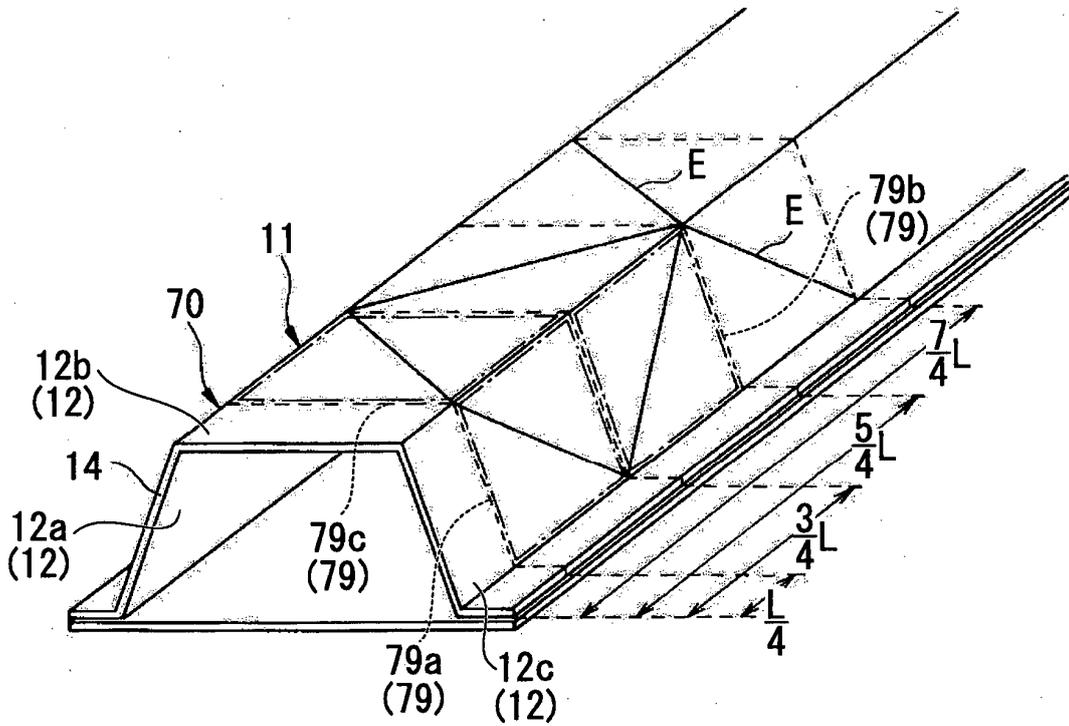


FIG. 13A

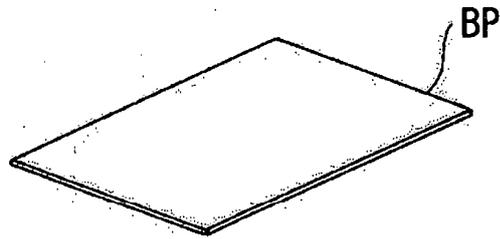


FIG. 13B

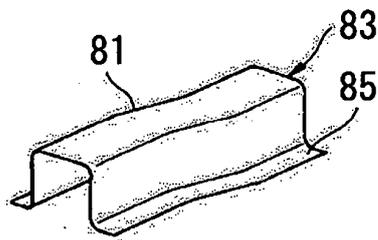


FIG. 13C

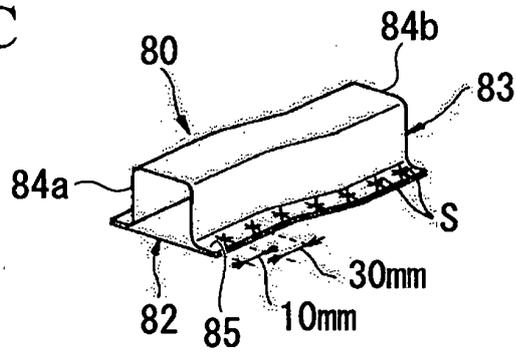


FIG. 13D

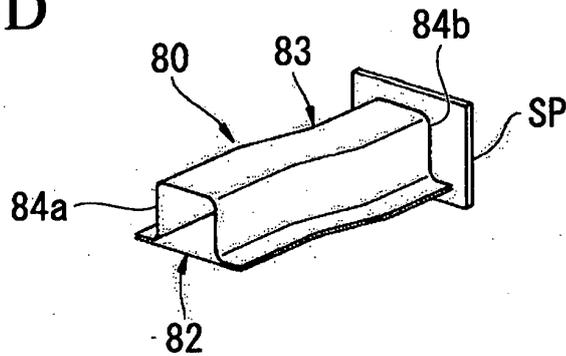


FIG. 14A

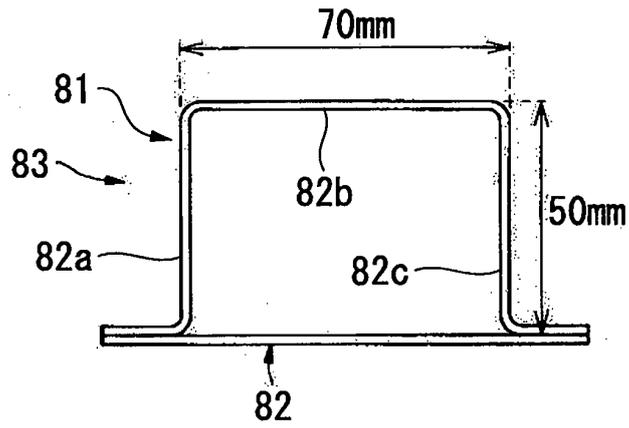


FIG. 14B

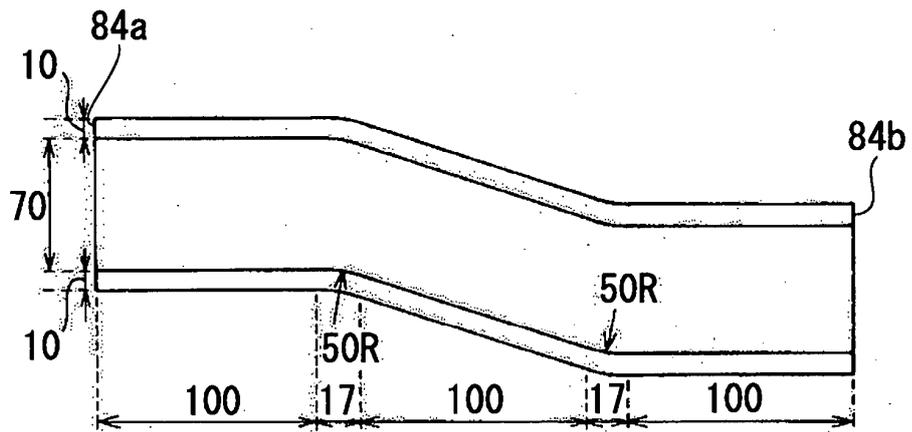


FIG. 15

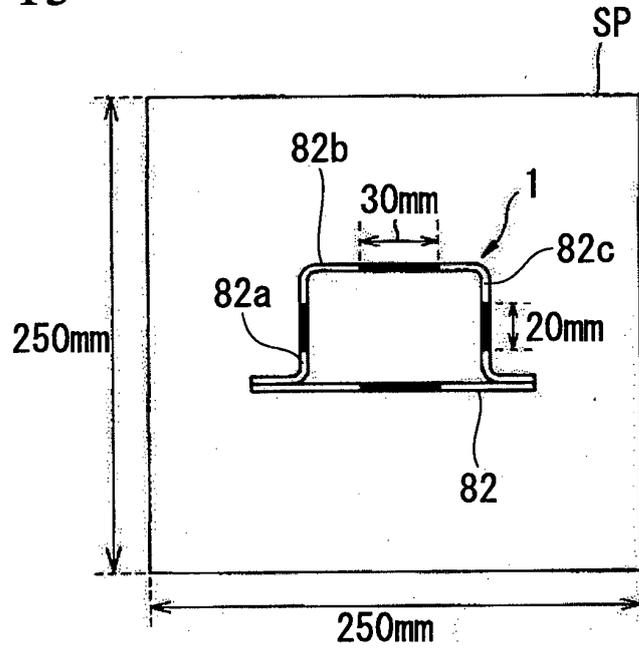


FIG. 16

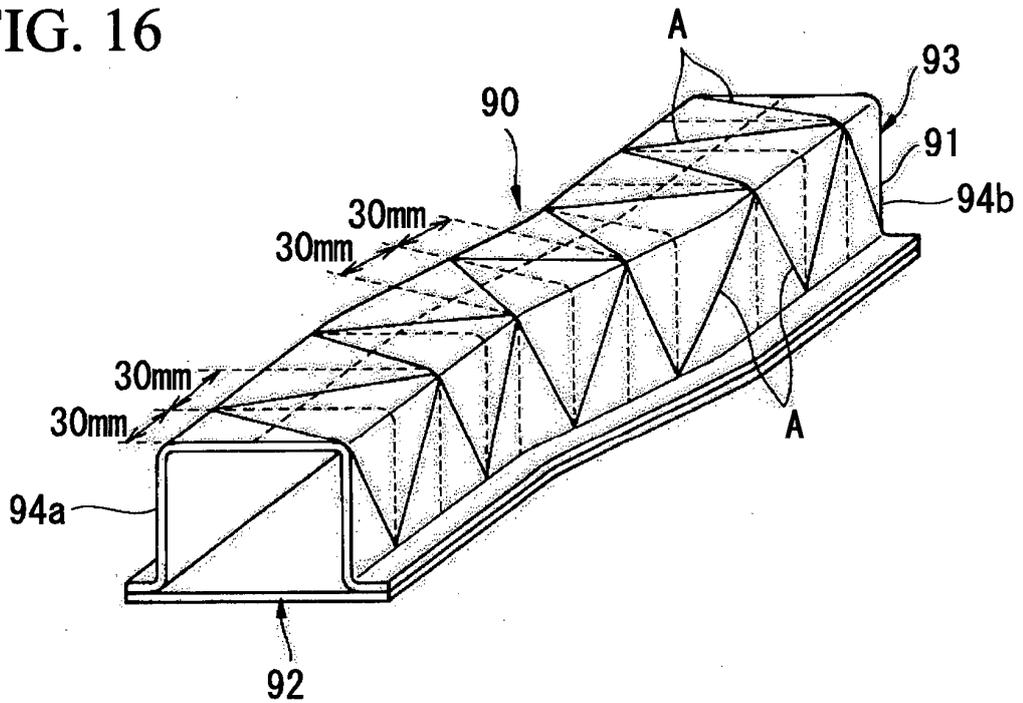


FIG. 17

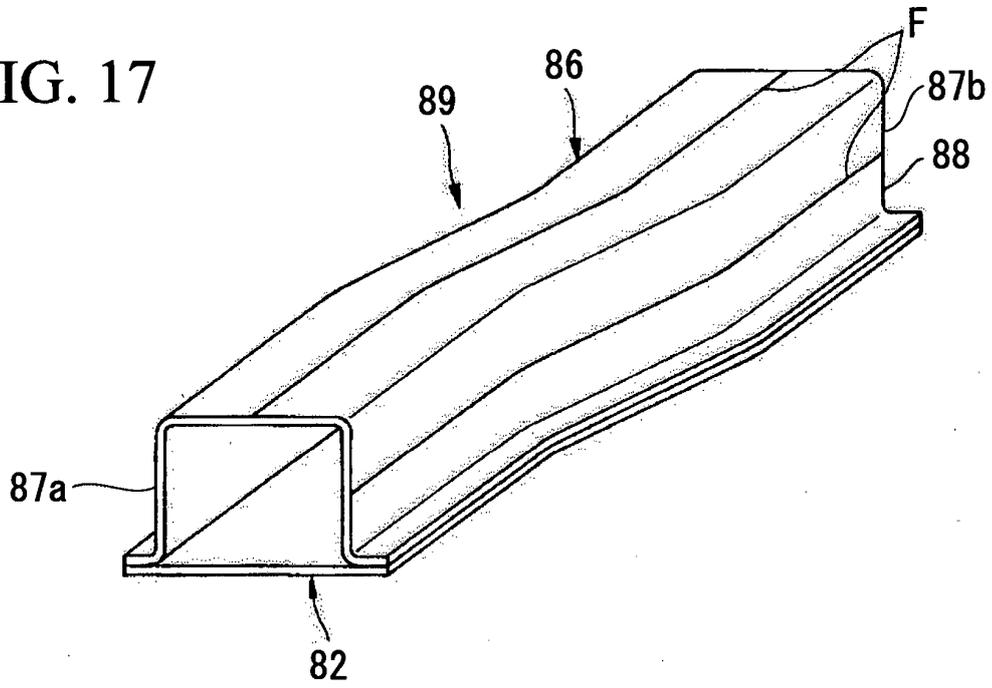


FIG. 18

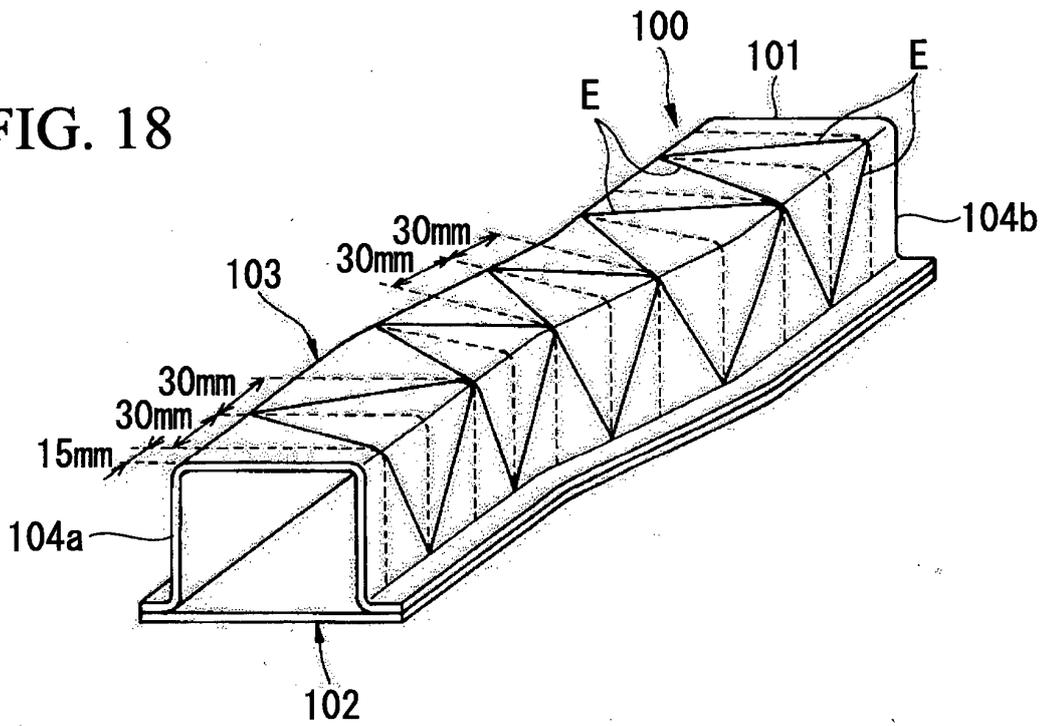


FIG. 19

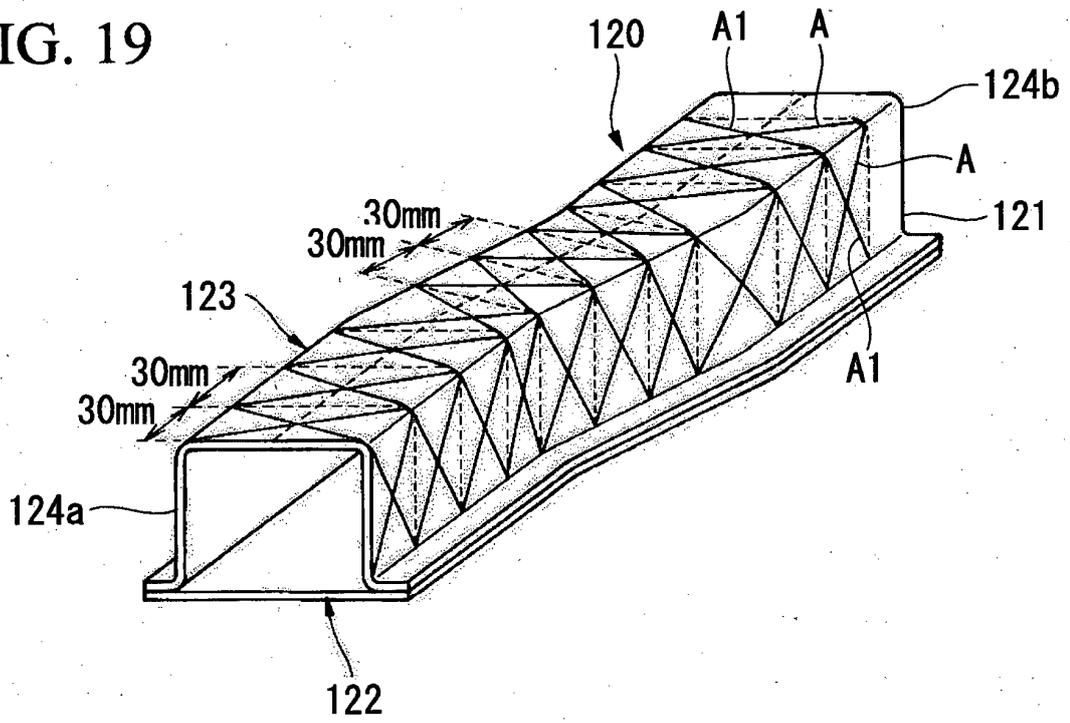


FIG. 20

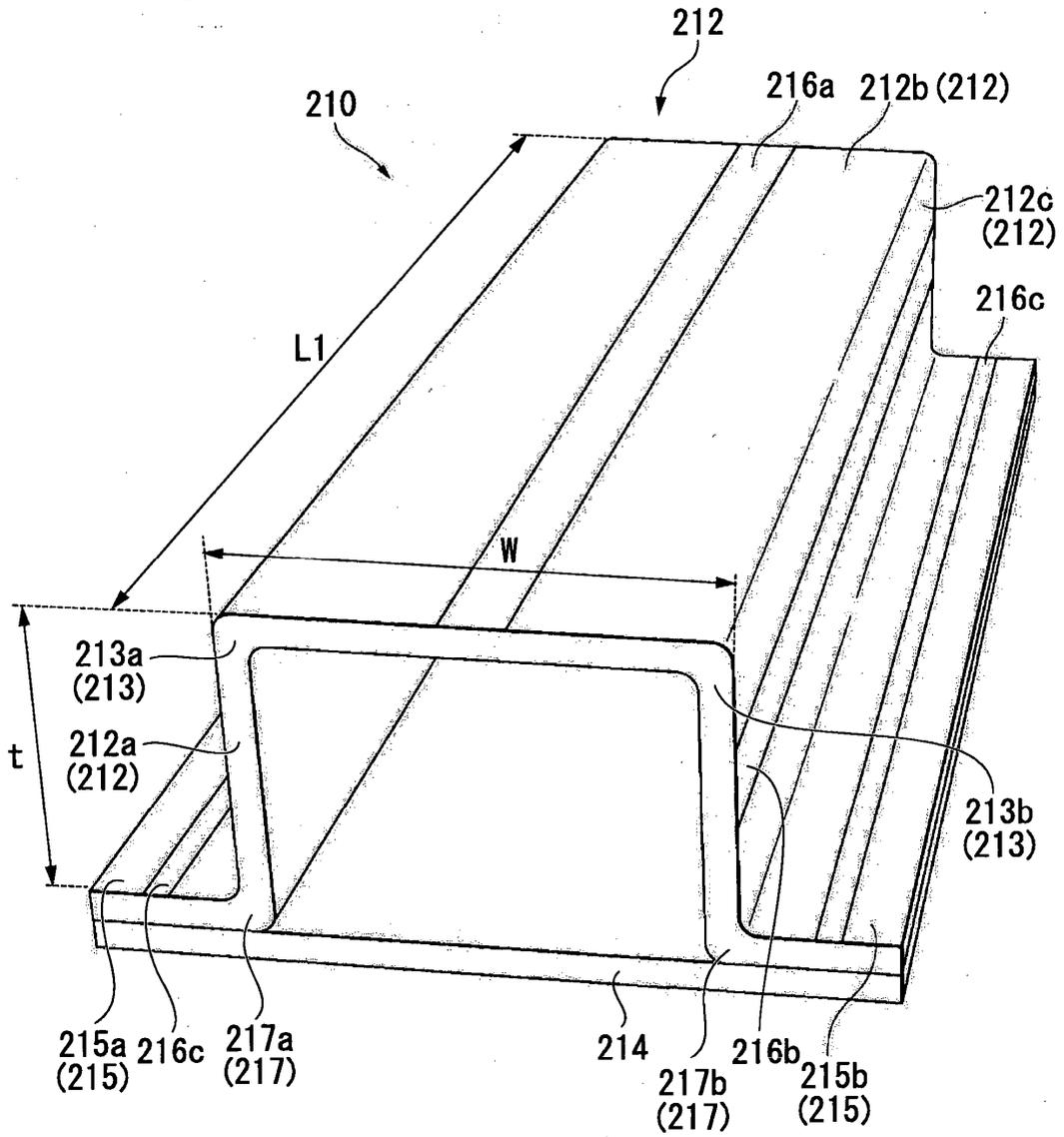


FIG. 21

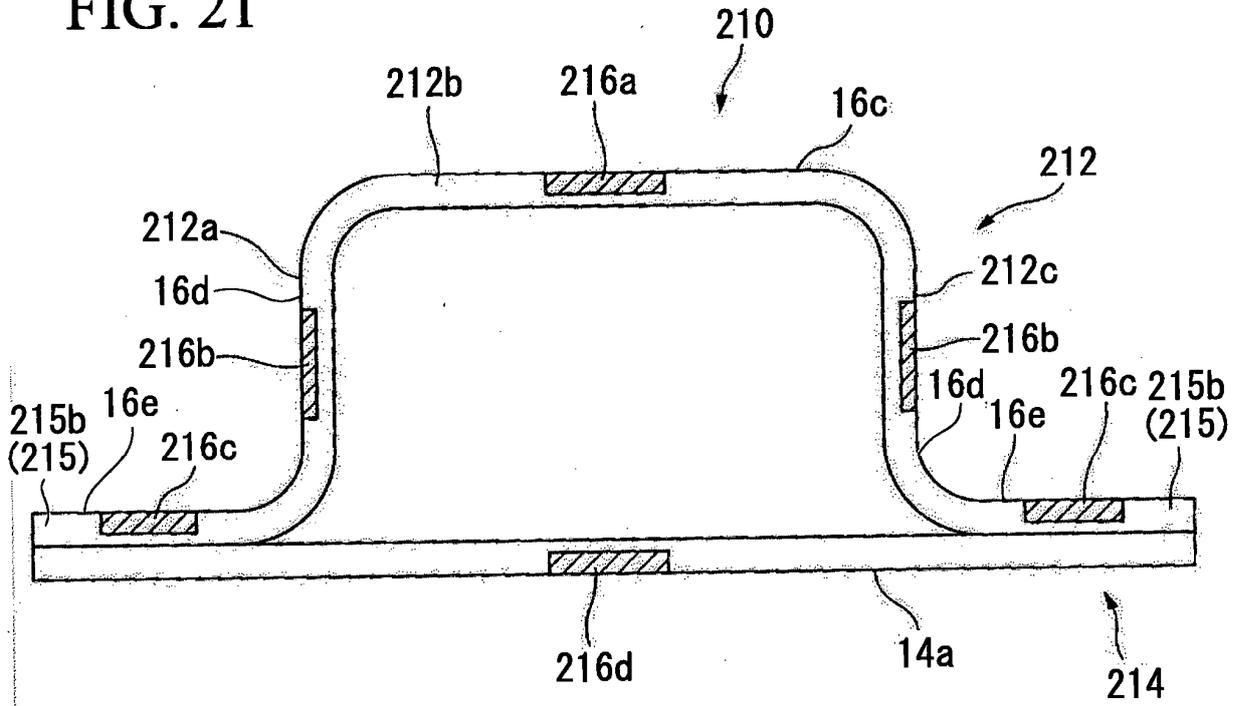


FIG. 22

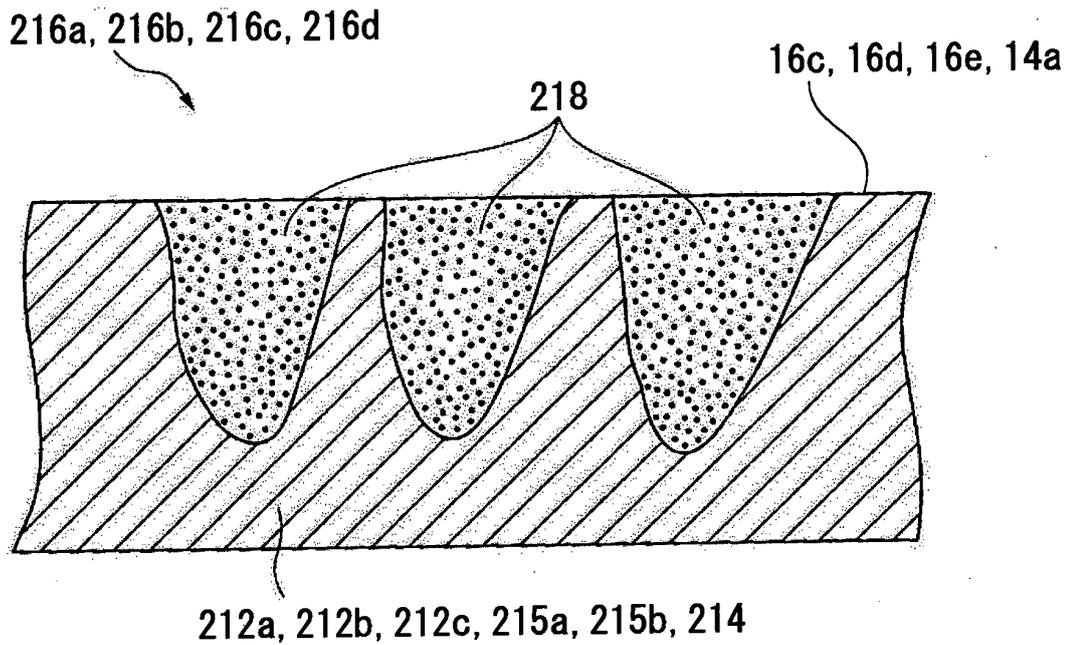


FIG. 23

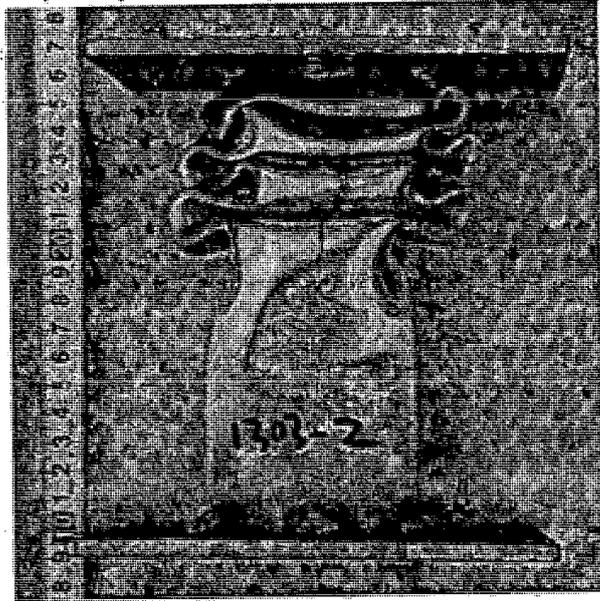


FIG. 24

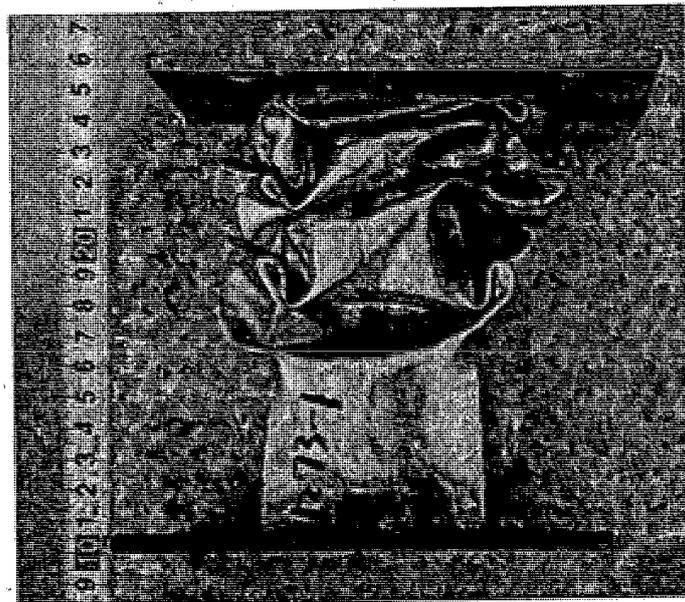


FIG. 25A

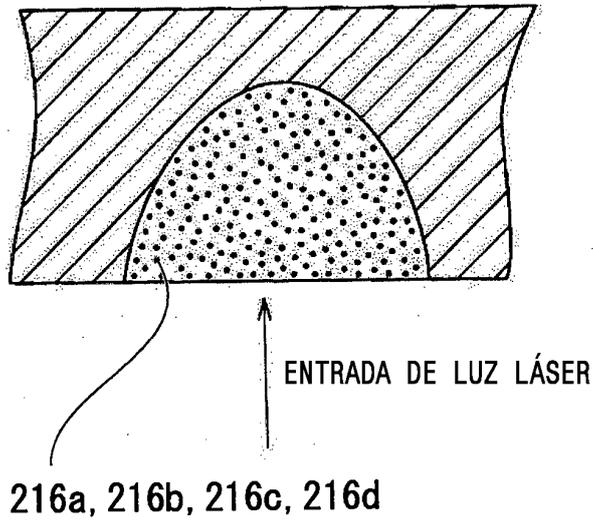


FIG. 25B

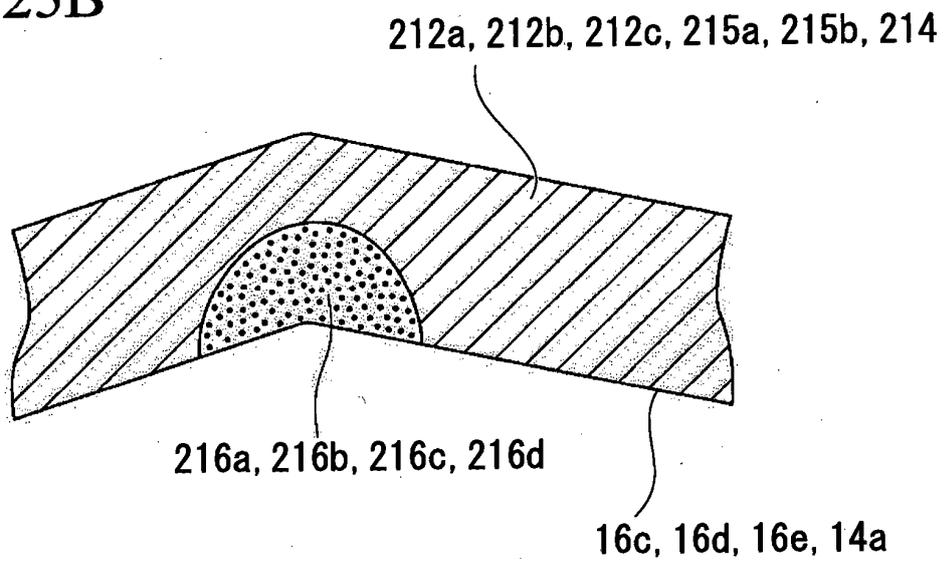


FIG. 26A

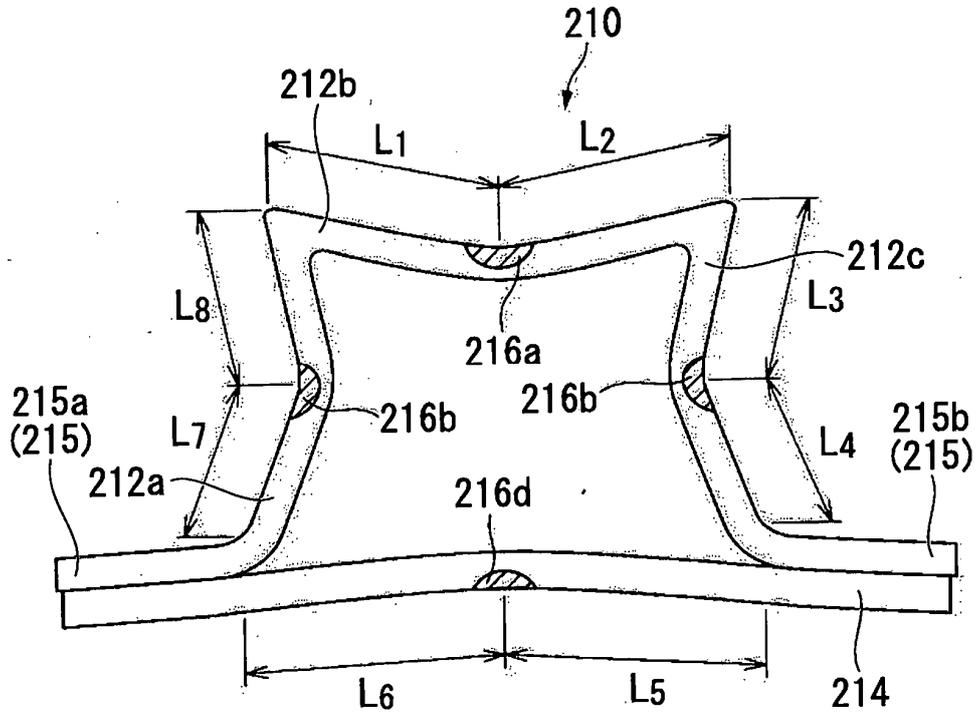


FIG. 26B

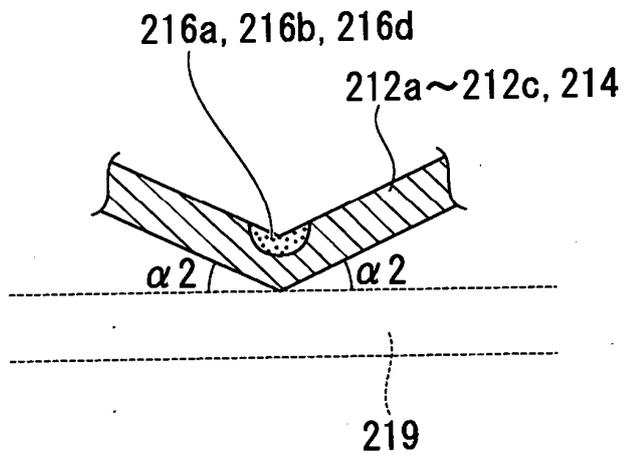


FIG. 27

